

ANTÓNIO FONSECA OLIVEIRA

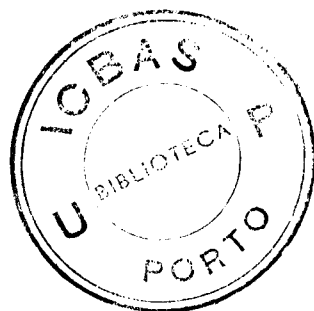
**A PERFILOMETRIA
TRIDIMENSIONAL AUTOMATIZADA
DO TRONCO NA ESCOLIOSE
IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE**

**PORTO
2000**

ANTÓNIO FONSECA OLIVEIRA

**A PERFILOMETRIA
TRIDIMENSIONAL AUTOMATIZADA
DO TRONCO NA ESCOLIOSE
IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE**

**PORTO
2000**



8972

ANTÓNIO FONSECA OLIVEIRA

**A PERFILOMETRIA
TRIDIMENSIONAL AUTOMATIZADA
DO TRONCO NA
ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO
ADOLESCENTE**

**DISSERTAÇÃO DE CANDIDATURA AO GRAU DE
DOUTOR, APRESENTADA AO INSTITUTO DE
CIÊNCIAS BIOMÉDICAS DE ABEL SALAZAR DA
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**PORTO
2000**

À minha Mulher
e
Aos meus Filhos

Dedico este Trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Alvim Serra, meu Orientador de Doutorado, Mestre que admiro há vários anos, pelas suas qualidades intelectuais ímpares e pela visão racional e científica da Ortopedia Moderna, a quem devo o estímulo para a realização deste Trabalho,

Ao Prof. Doutor Augusto Gomes, meu Co-Orientador de Doutorado, pelo seu apoio desinteressado, incomensurável e imprescindível,

Ao Prof. Doutor Luís de Almeida, com elevada reputação na área das deformidades da coluna vertebral reconhecida a nível Nacional e Internacional, pelo apoio e conselhos prestados desde o início,

Ao Prof. Doutor Sodré Borges e Doutor Huet Gonçalves, Director e Assessor do Museu de História Natural da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pela autorização e apoio no estudo e manuseamento do seu valioso e ímpar espólio,

Ao meu Director de Serviço, Sr. Dr. Bárbara Branco, cujas qualidades humanas, clínicas e de direcção muito admiro, pelo apoio incondicional, admiração recíproca e amizade que muito prezo e de que muito me orgulho,

A Miss Mehta, FRCS, personalidade de renome Mundial na área das escolioses, com quem tive o privilégio de trabalhar em Inglaterra, que me incutiu o interesse pela investigação científica nesta área da Ortopedia, difícil mas entusiasmante,

Ao Dr. José Carlos Vasconcelos, pela sua colaboração na realização e interpretação de imagens de TAC, RMN e Ultrasonografia,

Ao Dr. Álvaro Moreira da Silva pela sua colaboração na realização e interpretação das Provas Funcionais Respiratórias,

Ao Dr. José Manuel Lourenço, pela sua colaboração na digitalização e tratamento das imagens,

Aos meus Colegas e Amigos do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António,

MUITO OBRIGADO!

PREFÁCIO

Este Trabalho versa no essencial a criação, desenvolvimento e aplicação clínica na escoliose idiopática do adolescente da técnica de Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco (PTAT).

Está organizado em quatro partes, servindo a “Introdução” para actualizar e contextualizar a escoliose à luz do conhecimento actual, a segunda parte para a descrição do projecto, bases científicas e desenvolvimento da “Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco”, a terceira parte para a “Aplicação Clínica” da nova técnica na investigação etiopatogénica, no tratamento conservador, no tratamento cirúrgico da escoliose e nas perspectivas de aplicação no futuro, terminando na quarta parte com o “Resumo Geral e Conclusões” de todo o Trabalho. Em cada um dos capítulos que constituem as diferentes partes do Trabalho termina-se com um resumo e discussão das matérias versadas e referências bibliográficas ao texto.

A ideia da realização deste trabalho deveu-se à conjugação de várias correntes motivacionais, das quais três merecem lugar de destaque:

1. Na sua formação ortopédica quis o destino que em 1991 durante a valência de Ortopedia Infantil e Escolioses o Mestre, Dr. Bárbara Branco, cirurgião brilhante e experiente, resolveu testar a audácia e as capacidades do seu discípulo, desafiando-o para efectuar uma correcção cirúrgica de escoliose idiopática do adolescente. Assumindo o desafio e disfarçando o melhor que pôde a ansiedade e a responsabilidade inevitáveis, procedeu à referida intervenção cirúrgica e, com a sorte do principiante, o resultado foi um sucesso. Este episódio romanceado, apenas representa o começo duma actividade profissional de vários anos no Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António dedicados a esta patologia misteriosa, que em termos de tratamento cirúrgico a tornam paradoxalmente cativante, como sejam a grande exigência técnica e o risco de lesões graves nomeadamente neurológicas. Com o apoio do Serviço, procurou actualizar-se em termos técnicos e teóricos,

designadamente através de estágios em alguns Centros Mundiais vocacionados para esta patologia.

É neste contexto que o interesse por novos métodos de tratamento e pela investigação científica foram aumentando, sendo motivo mais que suficiente para compensar a dureza da prática clínica diária.

2. O convívio com adolescentes portadores de escoliose idiopática na prática clínica diária levou-me à conclusão que o seu principal e porventura único motivo de preocupação é a deformidade estética. O facto da escoliose idiopática do adolescente prevalecer predominantemente no sexo feminino e numa idade em que há grande instabilidade psicológica e dificuldade na adaptação à sociedade, habitualmente cruel para a rotulagem das deficiências físicas, obriga a que o médico subespecializado na tratamento desta patologia integre esta preocupação pelo componente estético da deformidade escoliótica e planeie para o seu tratamento a correcção também desse componente, não raras vezes considerado secundário.

Foi neste contexto, da existência duma vontade da minha parte em caracterizar a deformidade escoliótica numa perspectiva tridimensional e avaliar os resultados do seu tratamento por algo mais que a radiografia, que em 1993 surge o papel determinante do Sr. Prof. Doutor Luis Alvim Serra em me cativar e entusiasmar pelo desenvolvimento e aplicação clínica duma nova técnica de avaliação tridimensional do tronco na escoliose, que se encontrava a dar os primeiros passos, num projecto de investigação conjunto do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António e do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia do Porto.

3. Por ironia do destino, veio a minha filha a padecer de escoliose idiopática do adolescente, facto que motivou da minha parte uma atitude de negação e revolta iniciais, mas posteriormente constituiu um catalizador extra para o desenvolvimento e conclusão deste Trabalho de Doutoramento. Quis também o destino que a escoliose apresentada pela minha filha não tivesse evoluído, não carecendo de tratamento especial e culminando num final feliz.

ÍNDICE

1.ª Parte – INTRODUÇÃO	10
Escoliose: A simplicidade da Definição	11
Definição	11
Escoliose Idiopática	11
Escoliose Idiopática do Adolescente	12
Escoliose Idiopática: A Complexidade das Alterações Anatômicas	12
No Tronco	12
<i>No Plano Frontal</i>	12
<i>No Plano Sagital</i>	14
<i>No Plano Transversal</i>	15
No Restante Corpo	17
<i>Assimetria Crânio-cerebral</i>	17
<i>Assimetria Facial</i>	17
<i>Assimetrias Ortodônticas</i>	17
<i>Antropometria dos Membros Superiores</i>	17
<i>Antropometria dos Membros Inferiores</i>	18
<i>Alometria</i>	18
<i>Assimetria Flutuante</i>	18
Escoliose Idiopática: Métodos de Avaliação	19
Estudo Clínico	19
Instrumentos Especiais	21
Estudo Radiográfico	23
Ecografia	25
TAC & RMN	27
Estereoradiografia	28
Técnicas de Topografia da Superfície do Tronco	30
A Topografia de Moiré	30
ISIS	31
Rasterestereografia	32
Técnicas Automatizadas com uso de Marcadores Luminosos	34
Escoliose Idiopática: Deformidade Tridimensional	35
As limitações do RX	35
<i>Doente Escoliótico antes do Tratamento</i>	35
<i>Doente Escoliótico com Deformidade Residual</i>	35
Resumo e Conclusões	37
Referências	39

2.ª Parte - A PERFILOMETRIA TRIDIMENSIONAL AUTOMATIZADA DO TRONCO (PTAT)	47
Princípio da Técnica	48
Método de Determinação da Fase	53
Sistema de topografia 3D do tronco	57
Execução da Técnica	59
Evolução Experimental	64
Sistema	64
Lente	65
Luz Projectada	66
Algoritmo	66
Dados Fornecidos pela PTAT	82
Índices de Assimetria do Tronco no Plano Frontal	83
Índex de Assimetria em Altura	84
Índex de Simetria do Tronco	84
Modelo Tridimensional do Tronco	85
Cortes Transversais	85
Ângulos de Cobb de Superfície	87
Representação Tridimensional Global do Centro de Massa	88
Rigor e Reproducibilidade da PTAT	89
Padrão de Normalidade	90
Material e Métodos	91
Avaliação Clínica e com o Escoliómetro	92
Avaliação com PTAT	93
Análise Estatística	93
Resultados	94
Comentário e Conclusões	95
Referências	97
 3.ª Parte - APLICAÇÃO CLÍNICA DA PTAT	 101
I - Na Investigação Etiológica	102
Introdução	103
Aspectos Históricos	103
Estado Actual do Conhecimento	104
Factores Hereditários	104
Alterações do Tecido Conjuntivo e Genoma Humano	105
Alterações Musculares e Bioregulação Celular	106
Alterações Ósseas, Vertebrais e Costais	106
Alterações Neurológicas	107
Estudo de Investigação Clínica	108
Objectivo	108
Material e Métodos	109
Resultados	112
Comentário	113
A Locomoção Humana	114
<i>Evolução e Antropologia</i>	114
<i>Características Especiais da Marcha Humana</i>	115
<i>Anatomia Comparada</i>	117
<i>Coluna Vertebral</i>	117
<i>Tórax</i>	118
<i>Bacia</i>	119

Crânio	121
<i>A Coluna Vertebral na Marcha</i>	122
A PTAT e o "Contrapposto"	123
Referências	125
II - No Tratamento Conservador	131
Introdução	132
Aspectos Históricos	132
Tipos de Tratamento Conservador	135
Estudo Prospectivo sobre o Tratamento Conservador	136
Objectivo	136
Material e Métodos	136
Resultados	138
Discussão	139
Modelo Computorizado da Ortótese	143
Conclusões	144
Referências	145
III - No Tratamento Cirúrgico	150
Introdução	151
Aspectos Históricos	152
A Unidade de Deformidades da Coluna do Serviço de Ortopedia do HGSA	154
Estudos Retrospectivo e Prospectivo	160
Objectivo	160
Estudo Retrospectivo	161
Material e Métodos	161
Resultados	167
<i>Distribuição</i>	168
<i>Tempo Cirúrgico e Transusão</i>	168
<i>Imobilização Pós-operatória</i>	169
<i>Correcção Clínica Objectiva e Subjectiva</i>	171
<i>Correcção Radiográfica</i>	172
<i>Provas Funcionais Respiratórias</i>	173
<i>Resultados com a PTAT</i>	174
Estudo Prospectivo	175
Material e Métodos	175
<i>Registos Clínicos e Radiográficos</i>	175
<i>Registos por PTAT</i>	176
<i>Técnicas Cirúrgicas</i>	176
Resultados	198
Discussão	198
Técnicas Cirúrgicas Complementares	199
<i>Toracoplastia</i>	199
<i>Lomboplastia</i>	203
<i>Cosmese Cutânea</i>	206
Papel da PTAT na Avaliação do Resultado Cosmético Global	208
Referências	209
IV - Perspectivas de Aplicação no Futuro	211
Aplicação noutras Deformidades da Coluna	212
Aplicação noutras Áreas da Medicina	212
 4.ª Parte - RESUMO GERAL E CONCLUSÕES	 216
SUMMARY AND CONCLUSIONS	222
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	228

1.ª Parte – INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Escoliose: A simplicidade da Definição

O termo *escoliose* tem origem na palavra grega *skoliosis* que significa curvatura e é usado na terminologia médica para definir uma curvatura patológica da coluna vertebral no plano frontal, em oposição às curvaturas fisiológicas no plano sagital, como sejam a lordose cervical e lombar e as cifose torácica e sacrococcígea.

É a mais frequente das deformidades da coluna vertebral descritas pela 1ª vez por Hipócrates, nos textos mais antigos da História da Medicina³, mas o termo *skoliosis* é atribuído a Galeno (131-201 D.C.) mantendo-se na actualidade esta designação para significar uma curvatura lateral e estruturada da coluna vertebral, com valor angular radiográfico determinado pelo método de Cobb¹⁷ superior a 10°, de acordo com a definição do Comité de Nomenclatura da *Scoliosis Research Society*^{13,42,43}.

Escoliose Idiopática

A escoliose idiopática representa o maior grupo das escolioses estruturadas, comparativamente às de causa conhecida como sejam as congénita, neuromuscular, pós-traumática, infecciosa, tumoral, rádica, secundária a doenças metabólicas, reumatológicas, do tecido conjuntivo e outras.

É habitualmente compartimentada etariamente em infantil, juvenil e do adolescente, conforme seja diagnosticada até aos 3 anos, dos 4 aos 10 anos e depois dos 10 anos até à maturidade esquelética respectivamente e, continua até à actualidade de causa desconhecida.

A escoliose idiopática infantil é mais frequente no sexo masculino, numa relação de 3:2, em cerca de 80% dos casos as curvaturas são de convexidade esquerda⁵⁶ e em cerca de 2/3 dos casos é auto-resolúvel³⁸, podendo essa auto-resolubilidade atingir 90% dos casos se surge no 1º ano de vida⁵⁶.

A escoliose idiopática juvenil é mais frequente no sexo feminino numa relação de 2:1 e a lateralidade da convexidade das curvas é sensivelmente igual para os dois lados¹⁵.

Escoliose Idiopática do Adolescente

A escoliose idiopática do adolescente tem uma prevalência descrita na Literatura de 2 a 4% da população e requer tratamento em cerca de 10% dos casos^{26,42,43,46,59,78}.

Afecta predominantemente o sexo feminino^{24,26,43,86} predominância essa que se acentua com a gravidade da deformidade, podendo atingir a proporção de 10:1^{24,38,59,78}, praticamente nunca regride espontaneamente e inclui curvas predominantemente de convexidade direita a nível torácico e de convexidade esquerda a nível lombar^{26,47,78}.

Escoliose Idiopática: A Complexidade das Alterações Anatômicas

A escoliose idiopática é muito mais que uma simples curvatura lateral da coluna vertebral, incluindo uma grande complexidade de alterações anatômicas, não só a nível da globalidade do tronco, mas também em praticamente todo o corpo.

1. No Tronco

A escoliose idiopática produz no tronco um grande número de alterações anatômicas e funcionais, imbuídas de grande complexidade e só parcialmente conhecidas. A nível do tronco e considerando apenas as alterações anatômicas ósseas vertebrais e costais e segundo os planos anatômicos referem-se sucintamente as seguintes:

No Plano Frontal

A nível do tronco e no plano frontal as alterações anatômicas

mais evidentes, constam de facto duma curvatura lateral da coluna vertebral, condicionando no tronco uma deformidade correspondente manifestando-se por exemplo por assimetria dos ombros, dos flancos e da bacia, segundo uma fórmula individual dependente da gravidade da curvatura, da localização da mesma e de mecanismos compensatórios tendentes à manutenção do ortostatismo e equilíbrio durante a marcha.

Na coluna vertebral escoliótica, Fig.1, há uma ou mais curvaturas cujo raio varia na razão inversa da sua gravidade, translação lateral das vértebras envolvidas, sendo máxima a nível da vértebra apical e também inclinação das superfícies superior e inferior das vértebras. O valor angular das curvaturas é calculado a partir da inclinação das vértebras limítrofes, havendo uma correlação significativa entre a inclinação das vértebras limítrofes e a rotação da vértebra apical⁸⁵.

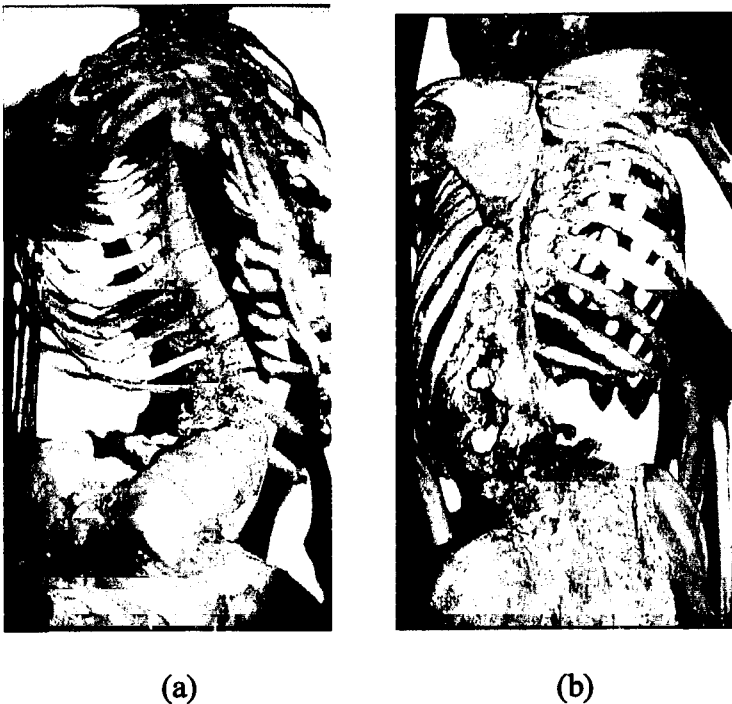


Figura 1 (a) e (b): Esqueleto de doente com escoliose. Cadáver exumado, fazendo parte do espólio do Instituto de Anatomia da Faculdade de Medicina de Lisboa.

Outras das alterações anatómicas características da escoliose são as deformações em cunha dos corpos vertebrais e discos intervertebrais. O grau dessas alterações e a proporção com que cada um destes componentes contribui para a deformidade no plano frontal depende de caso para caso e do valor angular da curvatura, havendo um aumento proporcional do componente deformante ósseo relativamente ao componente deformante discal à medida que a deformidade escoliótica aumenta⁵⁵.

A nível das costelas, nas curvaturas torácicas ou duplas com componente torácico, há caracteristicamente no plano frontal uma maior verticalização destas no lado da convexidade relativamente ao lado da concavidade, sendo estas alterações que fornecem a medida do ângulo vértebro-costal diferencial, geralmente efectuada a nível da vértebra apical. A verticalização costal na escoliose é em si complexa, havendo estudos anatómicos que revelaram que a verticalização das costelas no lado da concavidade se dá proximalmente à região apical e distalmente a esta no lado da convexidade⁸⁰.

Em termos antropométricos constata-se que nos doentes com escoliose idiopática do adolescente relativamente a adolescentes normais, existe aumento da altura de pé corrigida³⁶, da distância bi-acromial e da distância bi-ilíaca, e nenhuma alteração significativa na altura sentado corrigida, ou no peso corporal.¹⁸.

No Plano Sagital: Das alterações anatómicas que ocorrem na coluna vertebral e tronco no plano sagital na escoliose torácica, a mais característica, mas polémica e base de algumas teorias etiológicas, é a diminuição da cifose fisiológica ou em casos extremos a sua reversão para lordose, Fig. 2.



(a)



(b)

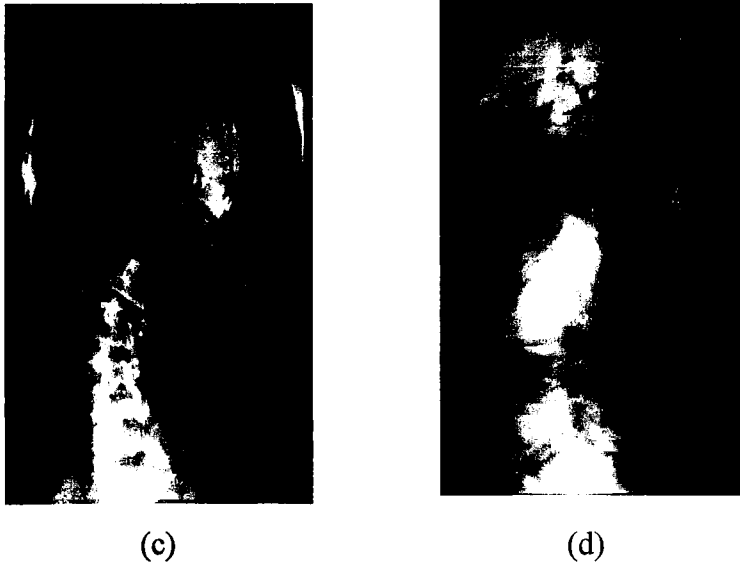


Figura 2: Fotografias com vista posterior (a) e lateral (b) e incidências radiográficas postero-anterior (c) e perfil (d) em doente com escoliose idiopática, com realce para a lordose torácica.

No Plano Transversal: Na análise das alterações anatómicas ocorridas no tronco, no plano transversal, a mais notória e típica é sem dúvida a rotação que afecta não só a coluna vertebral mas também todo o tronco, duma forma aparentemente solidária .

O diâmetro antero-posterior do tórax nas curvaturas torácicas está diminuído e o lateral não sofre alterações significativas¹⁸, mas existe uma translação anterior e lateral designadamente a nível da vértebra apical, Fig. 3(b).

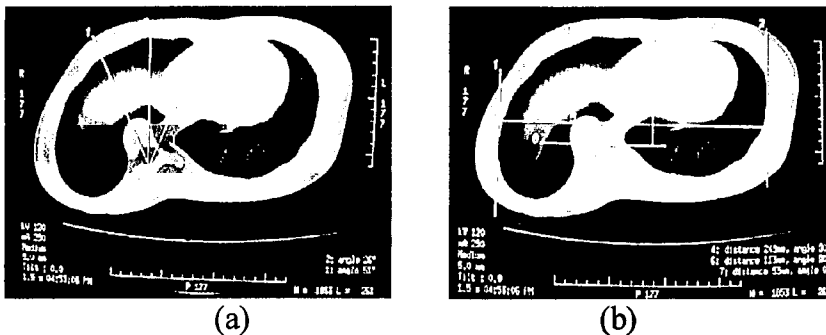


Figura 3: Cortes de TAC de doente com escoliose idiopática, revelando a rotação vertebral (a) e a translação anterior e lateral da vértebra apical (b).

A rotação que ocorre na escoliose tem um componente intervertebral, que é máximo nos extremos das curvaturas e mínimo na região apical e, um componente intravertebral de valor variável, que pode atingir mais de 45% da percentagem da rotação global da curvatura¹¹. Em termos espaciais a progressão da deformidade escoliótica é muito complexa, descrevendo um movimento torsional tridimensional que inclui, por parte da vértebra apical, uma translação anterior e lateral relativamente à vértebra do extremo superior da curva, ao mesmo tempo que sofre uma inclinação no sentido dos ponteiros do relógio para as curvaturas com convexidade direita e contrário aos ponteiros do relógio para as curvaturas com convexidade esquerda, bem como uma rotação no plano transversal⁵⁵. A complexidade destes componentes translacional, rotacional e torsional definem o designado plano de máxima deformidade da coluna vertebral⁶³, que se define como o plano de rotação em torno do eixo gravitacional em que o ângulo de Cobb tem valor máximo, Fig. 4.

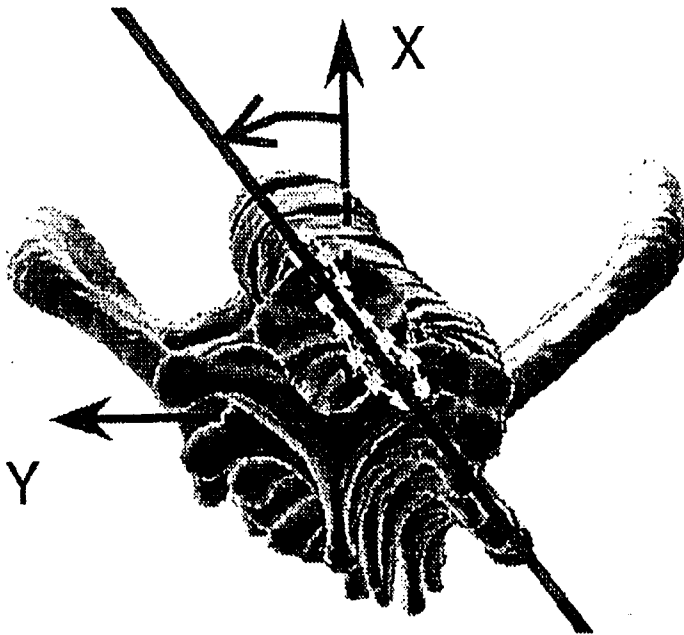


Figura 4. Plano de deformidade máxima. Adaptado de Aubin e col. (1999).

As costelas, na escoliose idiopática e no plano transversal, também sofrem um componente rotatório que acompanha a deformidade vertebral mas não segundo uma correspondência linear. Em termos antropométricos, estudos anatómicos comprovaram que em doentes do sexo feminino padecendo de escoliose torácica idiopática, as costelas do lado da concavidade da curvatura são mais longas que do lado da convexidade⁵².

2. No Restante Corpo

Para além de afectar todo o tronco, a escoliose idiopática do adolescente atinge a globalidade do corpo numa forma perfeitamente estabelecida e comprovada:

Assimetria Crânio-cerebral: Existe uma lateralização evidente da forma do crânio, função cerebral, lado dominante e escoliose³⁰.

Assimetria Facial: A assimetria facial está presente em cerca de 73,9% de crianças com escoliose idiopática, havendo correlação entre o padrão da assimetria facial e da escoliose⁴⁸.

Existe uma correlação significativa entre a assimetria facial e a deformidade do tronco e uma associação significativa entre a assimetria facial e o lado dominante^{30,31}.

Assimetrias Ortodônticas: Nos doentes com escoliose idiopática comparativamente com crianças e adolescentes normais existem anomalias ortodônticas hereditárias, nomeadamente hipodontia, progenia, mordida fechada e compressão primária numa frequência significativamente superior⁵⁴. Por outro lado, cerca de 20% das crianças com anomalias ortodônticas hereditárias apresentam escoliose com valor angular de Cobb igual ou superior a 10 graus⁵⁴.

Antropometria dos Membros Superiores: Nos doentes com escoliose idiopática do adolescente o comprimento global dos membros superiores, do braço e do antebraço e mão é significativamente superior ao de adolescentes saudáveis, sendo a diferença de comprimento devida sobretudo ao braço do lado da convexidade da curvatura escoliótica e de maior valor à direita^{15,18,68}.

Antropometria dos Membros Inferiores: Os membros inferiores de doentes com escoliose idiopática do adolescente têm um comprimento significativamente superior ao de adolescentes saudáveis^{18,82}.

Na escoliose idiopática do adolescente há assimetria da anteversão dos colos do fêmur, existindo uma associação ténue entre a assimetria referida e o ângulo de Cobb para as curvas torácicas em ambos os sexos e uma associação significativa entre a assimetria torsional femoral, o ângulo de Cobb e a convexidade da curvatura no sexo feminino, para as curvaturas toracolombares e lombares, sendo o maior valor da anteversão do colo femoral do lado contralateral da convexidade da curvatura¹⁶.

Há também assimetria da torsão tibial nos doentes com escoliose idiopática do adolescente, em relação a adolescentes saudáveis de controle, havendo associação significativa entre o aumento da torsão tibial direita e a curvatura torácica direita¹⁶.

Alometria: Nos doentes com escoliose idiopática do adolescente comparativamente a adolescentes saudáveis a proporção da altura subesquiática com a altura sentado, do comprimento dos membros superiores com a altura sentado, da altura subesquiática com o comprimento dos membros superiores e do comprimento do braço com o do antebraço e mão, é significativamente maior^{18,74}. Isto significa que há desproporção entre o comprimento dos vários segmentos do corpo na escoliose idiopática do adolescente.

Assimetria Flutuante: A morfogénese dos seres vivos é determinada pelo seu genótipo, contudo o grau de concordância entre o genótipo e o fenótipo dependem da estabilidade ou instabilidade do seu desenvolvimento, nomeadamente perante as condições do meio ambiente encontradas. Uma forma de avaliar a estabilidade do desenvolvimento durante a ontogenia é através da análise da simetria de segmentos anatómicos, normalmente simétricos, sendo a escoliose um exemplo de instabilidade de desenvolvimento com assimetria clara nomeadamente do tronco, funcionando o doente escoliótico como um desvio fenotípico.

Em terminologia biológica definem-se três formas de assimetria como sejam a antissimetria, a assimetria direccional e a assimetria flutuante^{21,32,75}.

A antissimetria ocorre quando a assimetria está geralmente

presente, mas quer o seu grau quer a lateralidade são variáveis, sendo um bom exemplo desta a dominância de mão (canhotos ou dextros).

A assimetria direccional ocorre quando existe maior desenvolvimento dum lado ou segmento do mesmo comparativamente ao outro lado, segundo uma distribuição normal rondando um valor que é diferente de zero, sendo exemplos de assimetria direccional o comprimento dos membros superiores e as anomalias ortodônticas na escoliose idiopática.

A assimetria flutuante ocorre quando existe variabilidade na medida de determinados segmentos em ambos os lados relativamente ao plano de simetria, segundo uma distribuição normal rondando o valor zero. Neste campo foi detectada assimetria flutuante em doentes com escoliose idiopática na antropometria de vários segmentos anatómicos, nomeadamente o comprimento da palma da mão, o comprimento do 2º e 4º dedos da mão, a largura do punho e cotovelo, o comprimento do pé e a altura da orelha, havendo uma correlação significativa entre a assimetria flutuante e a medida da deformidade escoliótica¹⁹. Foi ainda comprovada assimetria flutuante na análise geométrica e métrica de dermatoglifos em doentes com escoliose idiopática do adolescente^{31,32}.

Escoliose Idiopática: Métodos de Avaliação

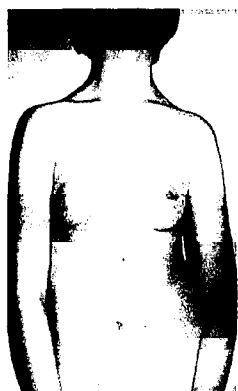
Estudo Clínico

Para se avaliar clinicamente e correctamente a escoliose idiopática, deve-se proceder a uma avaliação global do paciente, pois como já foi referido, a escoliose não é só uma deformidade da coluna vertebral mas uma doença complexa, envolvendo todo o corpo.

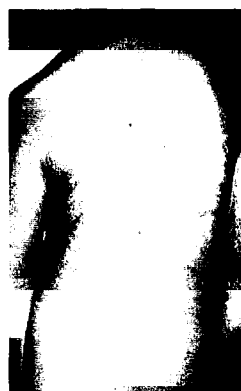
Assim e a nível do segmento cefálico do corpo são pesquisadas, descritas e registadas alterações como dismorfia craneana, assimetria da face e anomalias ortodônticas.

A nível do tronco, Fig. 5, é fundamental a pesquisa e caracterização geográfica e quantitativa da ou das curvaturas laterais da coluna vertebral e da ou das deformidade paravertebrais em ortostatismo e em flexão anterior do tronco, de assimetrias dos ombros, omoplatas flancos e regiões ilíacas posteriores na superfície posterior do tronco e assimetrias paraesternais e costais,

rior do tronco e assimetrias paraesternais e costais, dos mamilos e seios, umbigo e regiões ilíacas anteriores na superfície anterior do tronco.



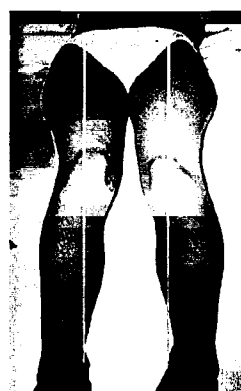
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5 (a) (b) (c) (d): Alterações morfológicas das superfícies anterior e posterior do tronco e metria dos membros inferiores, em doente com escoliose idiopática.

Devem ainda ser pesquisadas e quantificadas alterações da postura, quer no plano frontal quer no sagital, nomeadamente desvio lateral, anterior ou posterior do tronco e claro, diminuição ou aumento anormais das curvaturas fisiológicas da coluna vertebral, designadamente a cifose torácica e a lordose lombar.

A nível dos membros são efectuadas medidas globais, nomeadamente a braçada que é importante para a determinação da capacidade vital, o comprimento real e aparente dos membros inferiores importantes para esclarecimento de eventual báscula da bacia, Fig. 5, não se devendo esquecer a antropometria segmentar dos membros superiores e inferiores e a pesquisa de desvios rotatórios, que conforme já referido, estão alterados de alguma forma e segundo determinados padrões na escoliose idiopática.

Como é óbvio, são também efectuadas medições gerais nomeadamente o peso, altura total, na posição de sentado e subesquática, para além da avaliação neurológica sumária e da maturidade sexual.

Não é referida a pesquisa de alterações dermatológicas, urológicas, cardiovasculares, neurológicas específicas ou doutros aparelhos e sistemas dado que, apenas se pretende relatar a importância das alterações clínicas na caracterização da escoliose idiopática do adolescente e não doutro tipo de escoliose.

Comentário: Apesar de fundamental, a avaliação clínica do doente com escoliose não é facilmente reproduzível, nem habitualmente rigorosa e é incompleta em termos de caracterização duma doença tão complexa como a escoliose idiopática do adolescente.

Instrumentos Especiais

Até à descoberta dos Raios X o uso de moldes gessados³⁴ e gravuras eram usados para a descrição e documentação da deformidade e demonstração dos resultados do tratamento, mas no final do século XIX surgem vários aparelhos alguns deles exóticos para a medida do tronco deformado pela escoliose⁶¹.

É contudo nos finais do século XX, que cirurgiões e cientistas desenvolvem aparelhos de medida da escoliose sobretudo da giba ou deformidade paravertebral, ainda hoje usados na prática clínica, no rastreio e na investigação. Destes os mais conhecidos e utilizados são o gibómetro^{67,76,77} em que é medida a giba paravertebral torácica e ou lombar, Fig. 6, o formulador de traçado de contorno do corpo^{14,19,71} com determinação e reprodução do contorno da superfície deformada do dorso, Fig. 7, e por fim o escoliómetro^{12,57} medindo o ângulo de inclinação ou de rotação do tronco Fig. 8 e 9, e

todos estes aparelhos referidos são usados em flexão anterior do tronco (Teste de Adams), que realça a deformidade paravertebral.

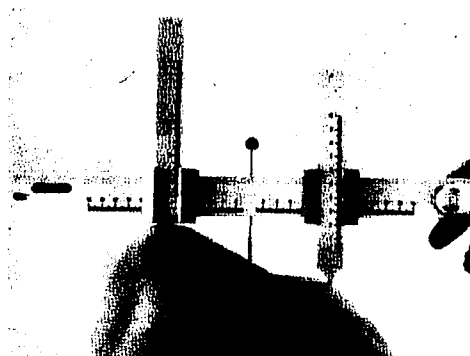


Figura 6: Gibómetro

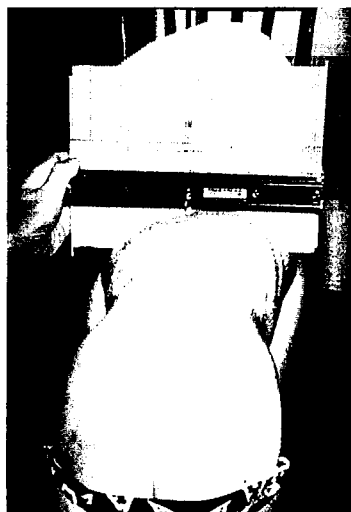


Figura 7 : Formulador de traçado do contorno da superfície do corpo



Figura 8: Escoliómetro de Bunnell

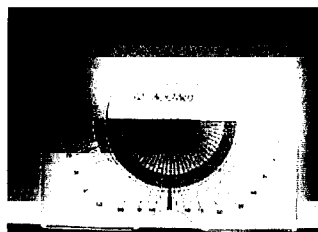


Figura 9: Escoliómetro de Pruijs

Comentário: Apesar da sua utilidade clínica, estes aparelhos, em especial o formulador de traçado de contorno do corpo, são pouco usados na prática clínica diária pelo seu manuseamento pouco prático e fastidioso. O escoliómetro é especialmente usado em programas de rastreio de escoliose na população escolar.

Estudo Radiográfico

A partir da descoberta dos Raios X em 1895 por Wilhelm Konrad Roentgen dá-se um grande avanço no diagnóstico, tratamento e investigação etiológica da escoliose. Ainda hoje o exame radiográfico é o mais usado na prática clínica para o diagnóstico, orientação do tratamento e avaliação dos seus resultados, bem como na linguagem da investigação científica da escoliose.

Para a caracterização da escoliose idiopática são habitualmente utilizadas as incidências postero-anterior e lateral em ortostatismo e usando películas adequadas em chassis longo.

Dos dados radiográficos fornecidos são clássicos a determinação do valor angular das curvaturas escolióticas pelo método de Cobb¹⁷ Fig. 10, ou Fergusson, do valor angular da cifose torácica e lordose lombar, da rotação vertebral pelo método de Nash e Moe⁵⁰ ou de Perdriolle⁵⁵, da determinação das vértebras apical e neutra, dos ângulos costovertebrais, do desvio lateral, anterior ou posterior da vertical que passa por C7 ou Occipital, da báscula da bacia e dismetria dos membros inferiores e do índice de Risser⁵⁸.



Figura 10: Escoliose torácica direita de T6 a L1, com ângulo de Cobb de 82°.

Em casos selecionados, podem ser usadas incidências especiais da coluna vertebral, como sejam a oblíqua de Stagnara em casos de curvaturas escolióticas superiores a 100° , simulando cifose na incidência standard e a tangencial para avaliação da gibosidade torácica paravertebral. Para além da telerradiografia pulmonar mandatária no estudo pré-operatório, o estudo radiográfico do punho e mão esquerda podem ser usados para determinação da idade óssea com o auxílio do Atlas de Greulich e Pyle.

Comentário: Apesar de como foi referido ser ainda hoje o exame subsidiário mais usado no diagnóstico e seguimento da escoliose, tem limitações e inconvenientes muito importantes:

- Trata-se duma imagem uniplanar duma deformidade claramente tridimensional,
- A sua reproductibilidade depende do posicionamento do doente e as medidas efectuadas são sujeitas a erros intra e extra-observador, razões pelas quais e universalmente só se considera como agravamento ou melhoria das curvaturas escolióticas variações no ângulo de Cobb superiores ou inferiores a 5° respectivamente^{8,17,29,51}. Foi mesmo comprovado que há na escoliose idiopática do adolescente variações diurnas no valor angular de Cobb, sendo esse valor inferior de manhã e superior à tarde cerca de 5° em média⁷,
- É um excelente exame de medida da deformidade da coluna escoliótica nos planos frontal e sagital, contudo com grandes limitações na avaliação da deformidade no plano transversal,
- O efeito nocivo das radiações ionizantes.

Neste campo, vale a pena referir que foram feitos vários estudos sobre o efeito nocivo dos raios X em doentes com escoliose submetidos a exames radiográficos de rotina, durante o seu seguimento, estando calculado por exemplo que ao doente que é submetido a tratamento conservador com colete são efectuadas em média 22 radiografias em 3 anos⁴⁷. Para estes doentes o risco de carcinogénese para a medula óssea, pulmões e tubo digestivo aumenta de 1,3 a 7,5% em relação à população em geral e para os seios o risco de carcinogénese aumenta 110%⁴⁷.

Um outro estudo realizado em mais de 1000 doentes do sexo feminino com escoliose a quem foram realizadas radiografias durante uma média de 8 anos, revelou que a incidência de cancro da mama era 2 vezes superior ao da população em geral³⁷ e ainda um outro estudo efectuado também em doentes com escoliose submetidos a exames radiográficos repetidos que revelou que o risco cumulativo de leucemia aumenta 5% em relação à população normal⁶².

Para evitar estes riscos importantes e preocupantes são recomendadas várias medidas designadamente a redução ao mínimo indispensável das incidências radiográficas, a opção indiscutível pela incidência postero-anterior em detrimento da antero-posterior⁴⁷, o uso de filtros antropométricos e filtros protectores para os seios (na incidência de perfil) e para as gónadas bem como o uso de técnicas radiográficas digitais mais recentes.

Ecografia

A ultrasonografia não é um método habitualmente utilizado no estudo da escoliose, contudo avanços obtidos nos finais da década de 80 e início dos anos 90 do século XX, em especial com o desenvolvimento e aplicação clínica do Scanner B, vieram provar a utilidade da ecografia na determinação da rotação vertebral^{66,81} da deformidade costal paravertebral⁸⁴ e também das curvas no plano sagital⁴⁴. Foram ainda desenvolvidas técnicas ultrassonográficas usando Scanners lineares em tempo real para a reconstrução da coluna vertebral nos planos frontal e sagital^{45,53,69}, bem como o Eco-Doppler na caracterização de anomalias anatómicas e funcionais vertebro-medulares como a seringomielia e alterações do fluxo do líquido cefalorraquidiano na malformação de Chiari³⁹.

No caso das imagens fornecidas pelo Scanner B são determinados cortes segmentares a vários níveis da superfície posterior do tronco, determinando-se o ângulo de rotação vertebral e da giba torácica paravertebral através dos planos segmentares bilaminar e bicostal e sua relação com o plano de referência do sacro, Fig. 11.

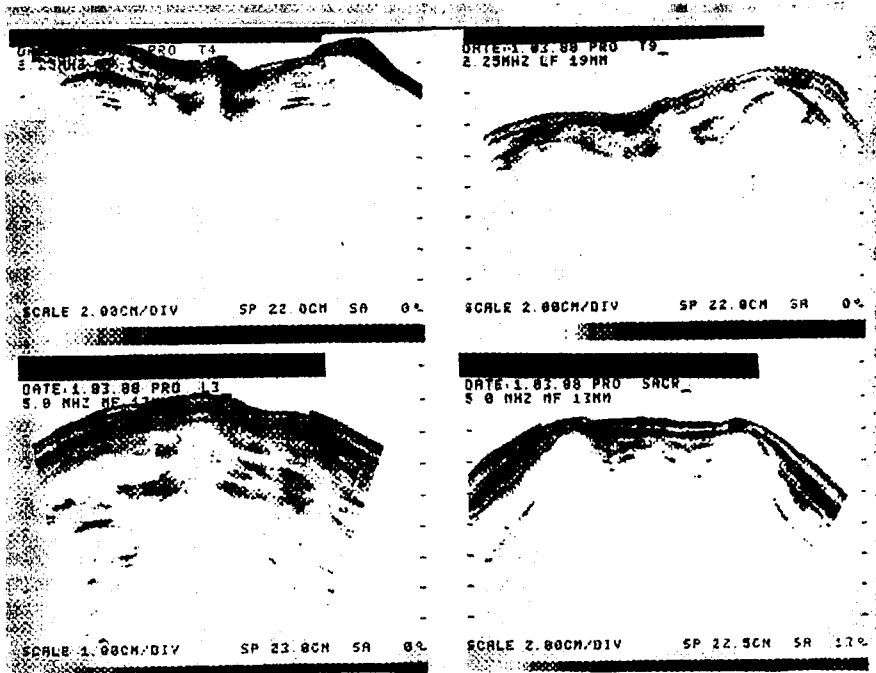


Figura 11: Ecografia posterior do tronco em doente com escoliose.

Comentário: Apesar da grande vantagem das técnicas ultrassono-gráficas, que é a ausência de radiações ionizantes, as técnicas eco-gráficas de avaliação da deformidade do tronco na escoliose idiopática são bastante limitadas pelos seguintes motivos:

- São técnicas de contacto e “operador-dependentes”,
- Usam, na sua grande maioria o decúbito ventral como posição de realização de exame, posição essa que altera substancialmente a deformidade que é caracteristicamente e na realidade ortostática,
- Os dados fornecidos estão restritos à face posterior do tronco, quando a deformidade escoliótica é global e tridimensional,
- Não podem ser feitas imagens de controlo pós-operatório, designadamente para avaliação das alterações da rotação vertebral, uma vez que as lâminas que servem de referências anatómicas para a sua determinação são alteradas significativamente pela abordagem cirúrgica, cruentação e fusão óssea, bem como pela presença da instrumentação.

TAC e RMN

A aplicação clínica das técnicas de tomografia computadorizada e ressonância magnética nuclear no estudo das alterações anatómicas da escoliose idiopática e avaliação dos resultados do tratamento está hoje em dia perfeitamente estabelecida e com utilidade comprovada^{1,2,10,11}.

A sua grande inovação foi na avaliação da deformidade escoliótica no plano transversal, como mais valia relativamente aos métodos radiográficos clássicos já referidos. São obtidos com a tomografia computadorizada valores segmentares da rotação vertebral e do índice de gibosidade costal, Fig. 12, dos diâmetro transversal e sagital e índice de cifose-lordose. Com a ressonância magnética nuclear e de forma similar à tomografia computadorizada, são obtidos valores da rotação intra e intervertebral, bem como dados antropométricos relativos aos maiores diâmetros torácicos e deformidades paravertebrais, para não falar em informações relativas a patologia concomitante intra e extracanal, nomeadamente lesões tumorais e discos.

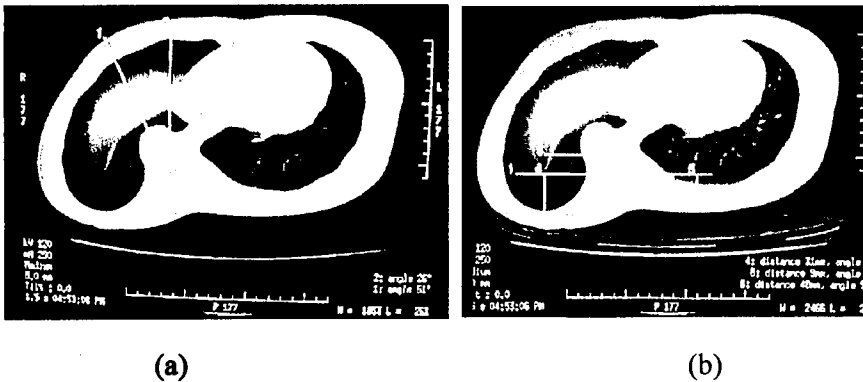


Figura 12: Imagens de TAC com determinação da rotação vertebral (a) e índice de gibosidade costal (b), a nível da vértebra apical, em doente com escoliose idiopática do adolescente.

Comentário: Apesar da utilidade potencial destas técnicas rigorosas e sofisticadas, raramente são usadas na avaliação das alterações anatómicas da escoliose por vários motivos que destacamos:

- A grande quantidade de radiação ionizante inerente à realização da tomografia computadorizada,
- A posição de decúbito dorsal em que são realizadas quer a tomografia computadorizada quer a ressonância magnética nuclear, que como já foi referido é anti-anatômica e altera a deformidade de forma significativa,
- A limitação, embora não absoluta, do uso destas técnicas no controlo pós-operatório da correção obtida devido à interferência nas imagens provocadas pelas instrumentações metálicas, habitualmente de aço,
- O elevado custo destas técnicas, em especial se se generalizasse o seu uso na escoliose, com grande onerosidade em termos de Saúde Pública.

Estereoradiografia

As técnicas imageológicas estereoradiográficas fornecem reconstruções tridimensionais dum objecto, através dum sistema complexo computadorizado que analisa determinados pontos marcados em duas imagens radiográficas do referido objecto, executadas em ângulos de incidência diferentes.

O desenvolvimento e aplicação desta técnica estereoradiográfica na escoliose ocorre nos últimos anos e encontra-se ainda em franca evolução²².

Através desta técnica radiográfica computadorizada, são digitalizados vários pontos de duas imagens radiográficas sucessivas realizadas em diferentes ângulos de incidência, associados a acidentes anatómicos das vértebras nomeadamente plataformas vertebrais, pedículos, apófises transversas, bem como ao longo das costelas. Após a digitalização dos pontos referidos das imagens radiográficas e suas coordenadas, juntamente com pontos de calibração localizados em objectos especialmente concebidos para tal, é obtida a reconstrução da coluna vertebral e grade costal através de algoritmos complexos, Fig. 13.

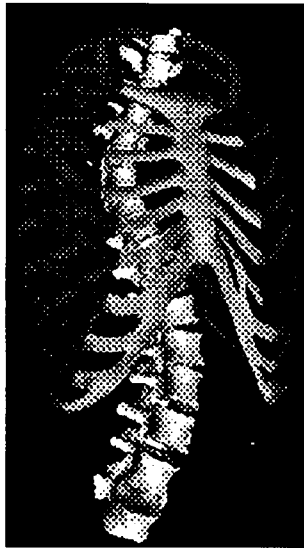


Figura 13: Modelo tridimensional da coluna vertebral e grade costal em doente com escoliose pela técnica de estereoradiografia. Adaptado de Dansereau e col. (1990).

Comentário: Apesar da espectacularidade das imagens tridimensionais obtidas, cuja utilidade clínica e investigacional se reconhecem e louvam, vários aspectos negativos estão implícitos nesta técnica aplicada à escoliose:

- Trata-se duma técnica radiográfica e portanto encarna os malefícios das radiações ionizantes já referidos,
- O rigor e reproductibilidade desta técnica estão muito dependentes de alterações da posição do doente examinado, aquando das duas imagens radiográficas cuja aquisição é efectuada em tempo e ângulo de incidência dos raios X diferentes,
- Para evitar os erros de leitura, condicionados pelas possíveis alterações de posicionamento do doente a examinar, foram criados pelos autores que desenvolveram esta técnica suportes para os membros superiores em abdução e estabilizadores posturais de contacto a nível cervical e lombosagrado, contudo qualquer uma destas atitudes modifica a morfologia da deformidade escoliótica.

Técnicas de Topografia da Superfície do Tronco

A Topografia de Moiré

A aplicação clínica da Topografia de Moiré na avaliação de deformidades na superfície do corpo deve-se ao trabalho pioneiro do Prof. Takasaki, em 1970. Nas últimas décadas, vários investigadores implementaram e desenvolveram o uso do método de Moiré na escoliose, em termos de diagnóstico, rastreio e avaliação de resultados do tratamento^{9,41,60,65,83}.

Na escoliose, a Topografia de Moiré seja pelo método de sombra seja pelo método de projecção, usa a interferência óptica para adquirir uma imagem tridimensional da superfície posterior do tronco, a partir da distorsão que as franjas sofrem no mesmo, Fig.14, mais recentemente através de processamento computadorizado.

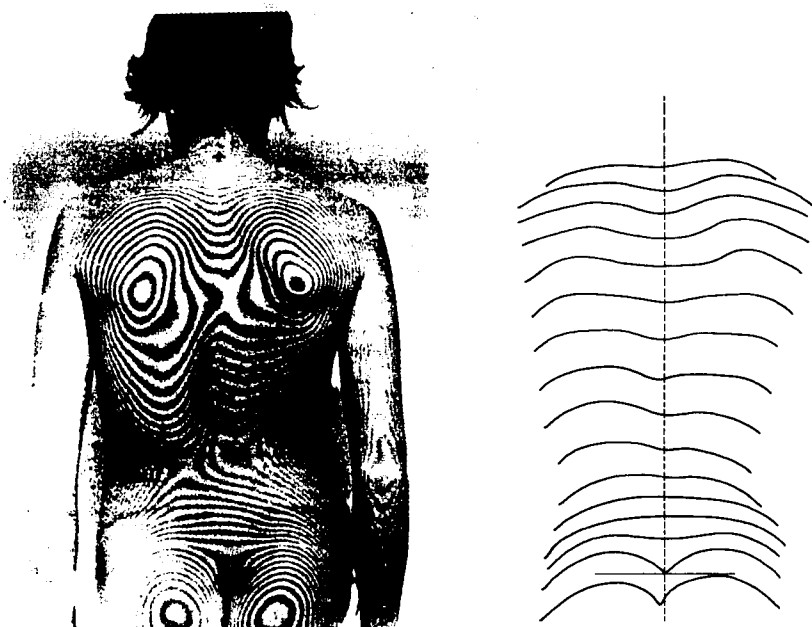


Figura 14: Topografia de Moiré de doente com escoliose. Adaptado de Jones e col. (1987).

Comentário: A euforia inicial com a aplicação da Topografia de Moiré na escoliose foi-se esmorecendo progressivamente, apesar de ser inegável o papel tido nas áreas de rastreio, conhecimento da história natural e avaliação de métodos de tratamento. A atitude actual de algum descrédito generalizado na Topografia de Moiré na escoliose deve-se a vários motivos:

- O rigor e reproductibilidade das imagens, fornecidas pela técnica topográfica de Moiré, são fortemente condicionados e de forma negativa por alterações na postura dos doentes a examinar, ainda que pequenas,
- Dificuldade no estabelecimento da relação entre o padrão óptico da distorsão das franjas e a quantificação da deformidade.

ISIS (Integrated Shape Investigation System)

ISIS é um método computadorizado de análise da superfície posterior do tronco desenvolvido nos finais dos anos 80 do Século XX⁷³. Basicamente consiste no “scanning” por câmara de televisão da distorsão sofrida na superfície posterior do tronco por linha óptica horizontal que se desloca no sentido crânio-caudal, emitida por um componente do sistema e posterior integração dessa distorsão pelo componente computadorizado do sistema. Dos dados fornecidos constam os valores das curvaturas da coluna vertebral no plano frontal e sagital, bem como 10 cortes transversais do tronco correspondentes a outros tantos marcadores cutâneos previamente colocados a nível das apófises espinhosas, com valores da assimetria volumétrica das gibosidades paravertebrais, Fig. 15.

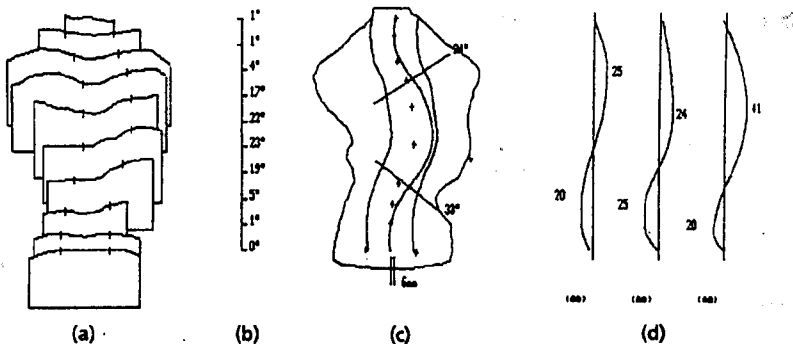


Figura 15 (a), (b), (c), (d): ISIS de doente com escoliose. Adaptado de Turner Smith e col. (1988).

Comentário: A ISIS revelou-se inovadora na sua aplicação clínica ao estudo da deformidade escoliótica, em termos de caracterização da mesma nos planos frontal, sagital e transversal, com utilidade comprovada no seguimento dos doentes^{69,70,73} e na avaliação dos resultados do tratamento conservador⁷² e cirúrgico⁴⁰. As suas grandes vantagens advêm do facto de ser uma técnica automatizada, operador-independente, não invasiva e fornecedora de dados sobre a deformidade escoliótica na superfície do tronco, que é sem dúvida o principal motivo de preocupação do doente, no entanto encarna também aspectos negativos como sejam:

- Tem um poder de resolução de imagem relativamente baixo,
- Fornece informações de topografia de superfície apenas da superfície posterior do tronco,
- As marcações cutâneas que ditam a localização dos cortes transversais estão muito dificultadas se não impossíveis de serem efectuadas com o mínimo de rigor, na avaliação dos resultados do tratamento cirúrgico, pelo facto das apófises espinhosas serem habitualmente removidas durante o mesmo.

Rasterestereografia

A técnica de rasterestereografia é uma técnica óptica computadorizada que usa uma projecção de luz estruturada constituída por várias linhas paralelas e equidistantes através dum projector clássico e as linhas projectadas e distorcidas pela superfície do objecto ou pessoa a examinar são visualizadas por câmara CCD e posteriormente analisadas por computador que fornece as coordenadas tridimensionais de vários pontos da referida superfície^{28,35,64}.

Os dados fornecidos pela rasterestereografia na escoliose consistem nas linhas de deformidade extrapolada da coluna vertebral nos planos frontal e sagital e ainda a rotação de superfície do tronco a 20 níveis, Fig. 16. Existem actualmente vários aparelhos comerciais baseados na rasterestereografia como sejam o sistema "Formetric" e o sistema "Quantec".

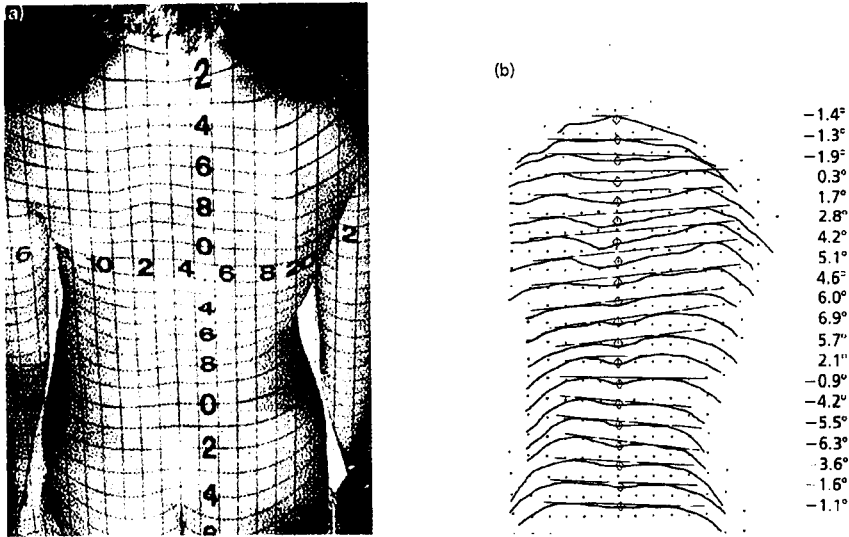


Figura 16 (a) (b): Rasterestereografia de doente com escoliose. Adaptado de Stokes e col. (1989).

Comentário: A rasterestereografia é das técnicas ópticas de topografia da superfície do tronco actualmente mais usadas para fins clínicos e de investigação. É uma técnica não invasiva e automatizada, tem como grande vantagem em relação a outras técnicas como a ISIS o facto de ter grande poder de resolução de imagem.

Tem também limitações e inconvenientes, nomeadamente:

- Apenas fornece informações da superfície posterior do tronco, quando como se sabe a escoliose é uma deformidade complexa envolvendo toda a circunferência do tronco e mesmo de todo o organismo,
- Os dados fornecidos são influenciados pelas alterações da postura do doente a examinar,
- Pelo menos alguns sistemas comerciais, designadamente o sistema Quantec necessitam da colocação de marcadores cutâneos em acidentes anatómicos do tronco das pessoas a examinar, colocação essa que é operador-dependente e muito difícil senão impossível de ser efectuada com rigor nas avaliações pós-operatórias após exérese cirúrgica das apófises espinhosas na área de instrumentação e fusão vertebral.

***Técnicas Automatizadas com uso de marcadores luminosos
("AUSCAN", "Optronic Torsograph", "ELITE")***

Trata-se também de técnicas computadorizadas de topografia da superfície posterior do tronco, com aplicação na escoliose, que usam marcadores luminosos colocados em acidentes anatómicos a nível do tronco incluindo apófises espinhosas, para aquisição da informação e posterior fornecimento de imagens tridimensionais, Fig. 17, em tempo real^{4,5,23}.



Figura 17: Reconstrução da superfície posterior do tronco com o sistema "ELITE".
Adaptado de Aliverti e col. (1995).

Comentário: São técnicas não invasivas, computadorizadas fornecendo informações muito importantes relativas à tridimensionalidade da deformidade escoliótica e como pontos negativos refere-se:

- A forte dependência do rigor e reproductibilidade das imagens da colocação dos marcadores cutâneos, colocados manualmente pelo operador, com variabilidade esperada na localização das mesmas,
- A grande limitação da aplicação destas técnicas na avaliação dos resultados cirúrgicos devido ao facto das apófises espinhosas que são locais habituais de colocação à superfície dos marcadores luminosos cutâneos, serem habitualmente removidas durante as intervenções cirúrgicas,

Escoliose Idiopática: Deformidade Tridimensional

É nos tempos actuais perfeitamente claro que a deformidade escoliótica a nível do tronco é tridimensional. A persistência da associação de cada componente da deformidade com os diferentes planos de orientação espacial é consequência de vícios enraizados da nomenclatura clínica e do facto do RX continuar ainda hoje a ser o exame mais usado no diagnóstico, seguimento e avaliação de resultados do tratamento, sendo mesmo usado como referência obrigatória na investigação científica nesta área.

A necessidade duma melhor caracterização desta deformidade complexa, em especial usando técnicas que avaliem e definam o seu carácter tridimensional levou ao desenvolvimento e implementação de várias técnicas já referidas, que no entanto ainda não terão atingido nem o rigor pretendido nem a versatilidade e facilidade de utilização na prática clínica e investigacional actuais.

As Limitações do RX

As limitações do Rx na avaliação da escoliose são evidentes, especialmente na caracterização da deformidade no plano transversal, nomeadamente:

No Doente Escoliótico antes do Tratamento

Estudos realizados com análise comparativa dos valores radiográficos da angulação lateral e da rotação vertebral com dados clínicos e de topografia de Moiré, realizados em doentes provenientes de rastreio escolar para escolioses, revelaram que em 39% dos casos não existia concordância entre eles³³. Por outro lado estudos realizados também com análise comparativa dos valores radiográficos da angulação lateral, rotação vertebral e dos ângulos costo-vertebrais diferenciais, com os índices de gibosidade costal obtidos com o formulador de traçado de superfície do corpo em doentes com escoliose idiopática torácica ainda não submetidos a tratamento, provaram que não existe uma relação directa entre eles⁷¹.

No Doente Escoliótico com Deformidade Residual

A avaliação dos resultados do tratamento conservador e em especial do tratamento cirúrgico dos doentes com escoliose idiopática

continua a ser baseada quase exclusivamente no exame radiográfico. A correcção obtida da deformidade nos planos frontal e sagital pode ser considerada uma meta ganha desde há alguns anos a esta parte com o desenvolvimento das técnicas e instrumentais cirúrgicos, contudo a correcção no plano transversal continua hoje em dia um desafio a desenvolver e alcançar.

A deformidade fósil aparente sobretudo no plano transversal é motivo de preocupação e desilusão para o doente que apesar da correcção radiográfica exibida mantém a deformidade estética que para ele foi o principal se não o único motivo do tratamento cirúrgico a que foi submetido.

A título de exemplo, descrevem-se dois casos clínicos elucidativos da dificuldade ou impossibilidade da avaliação da morfologia do tronco em especial no plano transversal pelo exame radiográfico standard: Fig. 18 e Fig. 19. No caso 1, apesar dos valores do ângulo de Cobb residual e rotação vertebral serem inferiores aos apresentados pelo caso 2, a dismorfia é maior no caso 1. Este facto é em parte explicado pela localização da deformidade residual, que é torácica no caso clínico 1 e toracolumbar no caso clínico 2, contudo revela que não é possível obter uma caracterização absoluta ou relativa da deformidade residual da escoliose através dos dados radiográficos habituais.

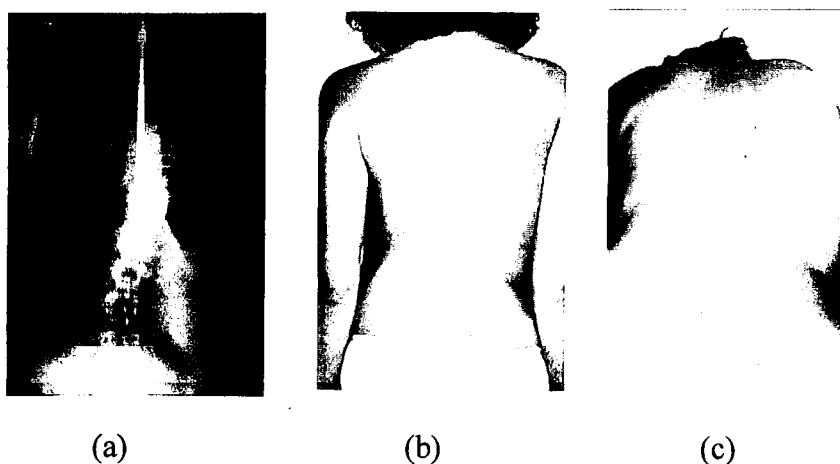


Figura 20 (a) (b) (c): Caso Clínico 1

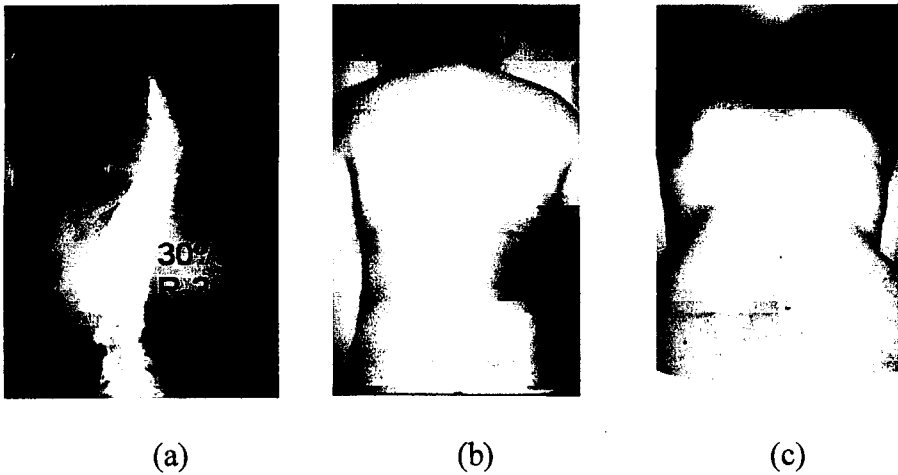


Figura 19 (a), (b), (c): Caso clínico 2

A constatação da impossibilidade duma correcta caracterização da deformidade escoliótica com o exame radiográfico, sugere por outro lado a necessidade da criação, desenvolvimento e implementação de nova ou novas técnicas, que para além de não produzir efeitos nocivos no organismo, possa fornecer dados mensuráveis e de fácil uso clínico sobre a deformidade numa perspectiva tridimensional, indo de encontro à individualidade de cada caso no diagnóstico e na avaliação dos resultados do tratamento.

Resumo e Conclusões

A escoliose idiopática do adolescente é uma doença relativamente frequente e de etiologia desconhecida que se caracteriza por uma deformidade complexa e tridimensional do tronco, mas também por alterações anatómicas e funcionais de praticamente todo o corpo.

São usadas no diagnóstico, seguimento e avaliação dos resultados do tratamento conservador ou cirúrgico da escoliose idiopática várias técnicas em complemento da avaliação clínica, desde aparelhos de medida desenhados especialmente para o efeito, até às complexas e recentes técnicas automatizadas de topografia de su-

perfície do tronco, contudo continua a ser o exame radiográfico o método mais usado na prática clínica.

O exame radiográfico para além de gerar potenciais efeitos nocivos, nomeadamente carcinogénicos, pelas radiações ionizantes usadas de forma repetitiva, é um bom método de avaliação da deformidade escoliótica do tronco nos planos frontal e sagital, contudo tem grandes limitações na análise da deformidade no plano transversal.

Na avaliação da deformidade escoliótica antes e após tratamento, quando permanece o fóssil da mesma, o exame radiográfico é insuficiente, defendendo-se a necessidade da aplicação sistemática na caracterização da doença escoliótica de nova ou novas técnicas idealmente não invasivas, de fácil e rápida execução, automatizadas, permitindo uma análise e quantificação tridimensional e individualizada da deformidade a nível do tronco.

Referências

1. **Aaro S, Dahlborn M.** Estimation of Vertebral Rotation and the Spinal and Rib Cage Deformity in Scoliosis by Computer Tomography. *Spine* 6:460-467, 1981.
2. **Aaro S, Dahlborn M.** The Longitudinal Axis Rotation of the Apical Vertebra, the Vertebral, Spinal and Rib Cage Deformity in Idiopathic Scoliosis by Computer Tomography. *Spine* 6:567-572, 1981.
3. **Adams F.** *The Genuine Works of Hipócrates*, Vol 2, London, Sudenham Company, 1849.
4. **Aliverti A, Ferrigno G, Rotelli F, Santambrogio GC.** Back Surface Analysis by Laser Beam Scanning and Stereophotogrammetry. In *Threedimensional Analysis of Spinal Deformities*, 51-56, M. D'Amico, A. Merolli & G.C. Santambrogio (Ed), IOS Press, 1995.
5. **Assente R, Ferrigno G, Santambrogio GC, Vigano R.** Application of AUSCAN System for Evaluation of Postural Changes Induced by Brace. In *Surface Topography and Spinal Deformity*, 97-104, Stokes I.A.F., Pekelsky J.R. & Moreland M.S. (Ed), Gustav Fisher, Stuttgart, 1986.
6. **Aubin CE, Lobeau D, Labelle H, Godillon AP, Le Blanc R, Dansereau J.** Planes of Maximum Deformity in the Scoliotic Spine. In *Research into Spinal Deformities* 2, 45-48, I.A.F. Stokes (Ed), IOS Press, 1999.
7. **Beauchamps M, Labelle H, Grimard G.** Diurnal Variation of Cobb Angle Measurement in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 18:1581-1583, 1993.
8. **Beekman CE, Hall V.** Variability of Scoliosis Measurements from Spinal Roentgenograms. *Phys Ther* 59:764-765, 1979.
9. **Benoni G, Wilner S.** A Comparison of Moiré Pattern Before and After Brace Treatment of Scoliosis. In *Surface Topography and Spinal Deformity*, 161-164, Harris J.D. & Turner Smith A.R. (Ed), Gustav Fisher, Stuttgart, 1984.
10. **Birchall D, Hughes DG, Hindle J, Robinson L, Williamson JB.** Measurement of Vertebral Rotation in Adolescent Idiopathic Scoliosis Using Three-Dimensional Magnetic Resonance Imaging. *Spine* 22:2403-2407, 1997.

11. **Birchall D, Hughes DG, Robinson L, Williamson JB.** Analysis of Intravertebral Axial Rotation in Adolescent Idiopathic Scoliosis Using Three-Dimensional MRI. In *Research into Spinal Deformities* 2, 61-64. I.A.F. Stokes (Ed). IOS Press, 1999.
12. **Bunnell WP.** An Objective Criterion for Scoliosis Screening. *J Bone J Surg* 66A: 1381-1387, 1984.
13. **Bunnell WP.** The Natural History of Scoliosis. *Clin Orthop* 229:20-25, 1988.
14. **Burwell RG, James NJ, Johnson F, Webb JK, Wilson YG.** Standardised Trunk Asymmetry Scores: A Study of Back Contour in Healthy Children. *J Bone J Surg* 65B:452-462, 1983.
15. **Burwell RG, Dangerfield PH, James NJ, Webb JK.** Anthropometric Studies of Normal and Scoliotic Children: Axial and Appendicular Asymmetry, Sexual Dismorphisms and Age-Related Changes. In *Proceedings of 19th Annual Meeting of Scoliosis Research Society*, 27-44. R.R. Jacobs (Ed), Chicago, 1984.
16. **Burwell RG, Kirby AS, Cole AA, Moulton A, Pratt RK, Webb JK.** Torsion in Lower Limb Bones of Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis Treated Surgically. In *Research into Spinal Deformities* 1, 123-126. J.A. Sevastik and K.M. Diab (Ed). IOS Press, 1997.
17. **Cobb JR.** Outline for the Study of Scoliosis. *Instructional Course Lectures*, The American Academy of Orthopaedic Surgeons. Vol 5, 261-275. Ann Arbor, JW Edwards (Ed), 1948.
18. **Cole AA, Burwell RG, Kirby AS, Polak FJ, Webb JK.** Anthropometry and Allometry in Pre-Operative Adolescent Idiopathic Scoliosis. In *Research into Spinal Deformities* 1, 89-92. J.A. Sevastik and K.M. Diab (Ed). IOS Press, 1997.
19. **Dangerfield PH, Denton JS, Barnes SB, Drake NB.** The Assessment of Rib Cage and Spinal Deformity in Scoliosis. In *Surface Topography and Spinal Deformity, Proceedings of the Fourth International Symposium*, 53-65. Stokes I.A.F., Pekelsky J.R. & Moreland M.S. (Ed), Gustav Fischer, Stuttgart, 1987.
20. **Dangerfield PH.** Asymmetry and Growth. In *Anthropometry: The Individual and the Population*, 7-24. Ulijasek S.J. & Masacie-Taylor C.G.M. (Ed), Cambridge University Press, 1994.

21. **Dangerfield PH, Scutt D, Ashton S, Manning JT, Dorgan JC.** Idiopathic scoliosis and Fluctuating Asymmetry. In *Research into Spinal Deformities* 1, 45-48. J. A. Sevastik and K. M. Diab (Ed), IOS Press, 1997.
22. **Dansereau J, Beauchamp A, De Guise J, Labelle H.** Three-Dimensional Reconstruction of the Spine and Rib Cage. In *Stereoradiographic and Imaging Techniques*. Société Canadienne de Génie Mécanique 2:61-64, 1990.
23. **Dawson EG, Kropf MA, Purcell GA, Kanim LEA, Kabo JM, Burt CM.** Optoelectronic Evaluation of Trunk Deformity in Scoliosis. In *Proceedings of Combined Meeting of SRS and ESDS*, 1989.
24. **Dickson RA.** Scoliosis in the Community. *Br Med J* 286:615-618, 1983.
25. **Dickson RA, Stamper P, Sharp AM, Harker P.** School Screening for Scoliosis: Cohort Study of Clinical Course. *Br Med J* 281:265-267, 1980.
26. **Dickson RA, Archer IA.** Scoliosis in the Community. In *Management of Spinal Deformities* 77-100. Dickson RA and Bradford DS (Ed), Boston, Butterworths, 1984.
27. **Filho NA, Thompson MW.** Genetic Studies in Scoliosis. *J Bone J Surg* 53A: 199, 1971.
28. **Frobin W, Hierholzer E.** Video Rasterstereography: A Method for On-line Surface Measurement. In *Surface Topography and Body Deformity*, 155-157, Neugebauer H. & Windischbauer G. (Ed), Gustav Fisher Stuttgart, 1990.
29. **Goldberg MS, Poitras B, Mayo NA.** Observer Variation in Assessing Spinal Curvature and Skeletal Development in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 13:1371-1377, 1988.
30. **Goldberg CJ, Dowling FE.** Handedness and Scoliosis Convexity. A Reappraisal. *Spine* 15:521-556, 1990.
31. **Goldberg CJ, Dowling FE.** Idiopathic Scoliosis and Asymmetry of Form and Function. *Spine* 16:84-87, 1991
32. **Goldberg CJ, Dowling FE, Fogarty EE, Moore DP.** Adolescent Idiopathic Scoliosis as a Developmental Instability. *Genetica* 96:247-255, 1995.
33. **Gordon WD, Armstrong MD, Livermore III NB, Suzuki N, Armstrong JG.** Nonstandard Vertebral Rotation in Scoliosis Screening Patients. *Spine* 7:50-54, 1982.

34. **Hare S.** *Practical Observations on the Prevention, Causes and Treatment of Curvatures of the Spine.* London, 1849.
35. **Hierholzer E, Drerup B.** Threedimensional Reconstruction of the Spinal Midline from Rasterstereographs. In *Surface Topography and Spinal Deformity*, 53-55, Neugebauer H., Windischbauer G. (Ed), Gustav Fisher, Stuttgart, 1990.
36. **Hodgett SG, Burwell RG, Webb JK.** Trunk Height Loss in Idiopathic Scoliosis in AP and Oblique Spinal Radiographs. In *Proceedings of the European Spinal Deformity Society*, 92. Rome, 1986.
37. **Hoffmann DA, Lonstein JE, Morin MM.** Breast Cancer in Women with Scoliosis Exposed to Multiple Diagnostic X-rays. *J Natl Cancer Inst* 81:1307-1312, 1989.
38. **James JIP.** Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 36B:36-49, 1954.
39. **Jaspan T, Turnbull AE, Burwell RG, Firth JL.** CSF Flow Dynamics at the Foramen Magnum of a Chiari I Malformation Demonstrated by Colour Doppler Imaging. *Proceedings of British Association of Clinical Anatomists. Clin Anat* 4:382, 1991.
40. **Jefferson RJ, Weisz I, Turner-Smith AR, Harris JD, Houghton GR.** Scoliosis Surgery and its Effect on Back Shape. *J Bone J Surg* 70B:261-266, 1988.
41. **Jones TJ, Scull ER, Dutton KE, White KL, Slinger BS, O'Connor JC.** Analytical Assessment of Back Symmetry and Its Reliability in a Clinical Setting. In *Surface Topography and Spinal Deformity*, 301-332, Stokes I.A.F., Pekelsky JS & Moreland MS, Gustav Fischer, Stuttgart, 1987.
42. **Kane WJ.** Scoliosis Prevalence: A Call for a Statement of Terms. *Clin Orthop* 126:43-46, 1977.
43. **Kane WJ, Moe JH.** A Scoliosis Prevalence Survey in Minnesota. *Clin Orthop* 69:216-218, 1970.
44. **Kiel AW, Burwell RG, Cattle J, Jacobs K, Moulton A, Webb JK, Wojcik A S.** A Segmental Analysis of the Lateral Profile of the Spine Revealing Changes in the Thoracolumbar Region. *J Bone J Surg* 72B:333, 1990.
45. **Letts M, Quanbury A, Gouw G, Kolsun W, Letts E.** Computer Ultrasonic Digitization in the Measurement of Spinal Curvature. *Spine* 13:1106-1110, 1988.
46. **Lonstein JE.** Screening for Spinal Deformities in Minnesota Schools. *Clin Orthop* 126:33-42, 1977.

47. **Lonstein JE, Carlson JM.** The Prediction of Curve Progression in Untreated Idiopathic Scoliosis During Growth. *J Bone J Surg* 66A:1061-1071, 1984.
48. **Mehta MH.** Moiré Topography and Associated Asymmetries in Scoliosis. In *Moiré Topography and Spinal Deformity*, 186-189. NS Moreland, MH Pope and GWD Armstrong (Ed), New York, Pergamon Press, 1981.
49. **Nash CL, Gregg EC, Brown RH, Pillia MS.** Risks of Exposure to X-rays in Patients Undergoing Longterm Treatment for Scoliosis. *J Bone J Surg* 61A: 371-374, 1979.
50. **Nash C, Moe J.** A Study of Vertebral Rotation. *J Bone J Surg* 51A: 223, 1969.
51. **Nordwall A.** Studies in Idiopathic Scoliosis, Part II: Results of Conservative Treatment with the Milwaukee Brace and Operative Treatment with a Two-Stage Harrington Rod Procedure. *Acta Orthop Scand* (Suppl) 150:73-178, 1973.
52. **Normelli H, Sevastik J, Akrivos J.** The Length and Nash Weight of the Ribs of Normal and Scoliotic Persons. *Spine* 10:590-592, 1985.
53. **Oates CP, Whittingham TA, Leonard MA.** The Newcastle Ultrasonic Spine Image System. In *Surface Topography and Body Deformity*, 31-33 . Proceedings of the Fifth International Symposium. Neugebauer H. & Windischbauer G. (Ed), Gustav Fischer Stuttgart, 1988.
54. **Pécina M, Lulic-Dukic O, Pécina-Hrnčević A.** Hereditary Orthodontic Anomalies and Idiopathic Scoliosis. *Int Orthop* 15:57-59, 1991.
55. **Perdriolle R.** *La Scoliose*. Maloine S A (Ed), Paris, 1979.
56. **Pratt RK, Webb JK, Cummings SL, Burwell RG.** Implications for the Pathogenesis and Pathomechanisms of Infantile Idiopathic Scoliosis after Surgery. In *Research into Spinal Deformities* 1, 127-131. J.A. Sevastik and K. M. Diab (Ed). IOS Press, 1997.
57. **Prujjs JH, Keessen W, van der Meer R, van Wieringen JC, Hageman ME.** School Screening for Scoliosis: Methodologic Considerations. Part 1: External Measurements. *Spine* 17:431-436, 1992.
58. **Risser JC.** The Iliac Apophysis: An Invaluable Sign in the Management of Scoliosis. *Clin Orthop* 11:111, 1958.

59. **Rogala EH, Drummond DS, Gurr J.** Scoliosis: Incidence and Natural History. A Prospective Epidemiologic Study. *J Bone J Surg* 60A: 173-176, 1978.
60. **Sahlstrand T.** The Clinical Value of Moiré Topography in the Management of Scoliosis. *Spine* 11:409-417, 1986.
61. **Schulthess W.** Die Pathologie der Skoliose. *Z Orthop Chirur* 14:478-524, 1905.
62. **Sridhar P, Gregg E.** A Revised Estimate of the Risk of Carcinogenesis from X-rays to Scoliosis Patients. *Investigative Radiology*, 58-60, 1984.
63. **Stagnara P.** *Les Déformations du Rachis*. Masson (Ed), Paris, 1985.
64. **Stokes IAF, Moreland MS.** Concordance of Back Surface Asymmetry and Spinal Shape in Idiopathic Scoliosis. *Spine* 14:203-211, 1989.
65. **Suzuki N, Yamaguchi Y, Armstrong GWD.** Measurement of Posture Using Moiré Topography. In *Moiré Fringe Topography and Spinal Deformity*, 122-131, Moreland M.S., Pope M.H. & Armstrong G.W.D. (Ed), Pergamon Press, New York, 1981.
66. **Suzuki N, Yamamuro T, Shikata J, Shimizu K, Iida H.** Ultrasound Measurement of Vertebral Rotation in Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 71B:252-255, 1989.
67. **Takemitsu Y.** Scoliosis: Screening Methods and the Subsequent Management. *J Jap Orthop Assoc* 55:243-257, 1981.
68. **Taylor JR, Slinger VS.** Scoliosis Screening and Growth in Western Australian Students. *Med J Aust* 475-480, 1980.
69. **Teot L, Deschamps S, Perdriolle R, Vidal J.** Ultrasonographic Imaging of the Spine. In *Proceedings of the Combined Meeting of SRS and ESDS*, Amsterdam, 1989.
70. **Theologis TN, Fairbank JCT, Turner-Smith AR, Pantazopoulos T.** Early Detection of Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis by Measurement of Changes in Back Shape with the Integrated Shape Imaging System Scanner. *Spine* 22:1223-1227, 1997.
71. **Thulbourne T, Gillespie R.** The Rib Hump in Idiopathic Scoliosis. Measurement, Analysis and Response to Treatment. *J Bone J Surg* 58B:64-71, 1976.
72. **Tredwell SJ, Bannon M.** The Use of the ISIS Optical Scanner in the Management of the Braced Adolescent Idiopathic Scoliosis Patient. *Spine* 13:1104-1105, 1988.

73. **Turner Smith AR, Harris JD, Houghton GR, Jefferson RJ.** A Method for Analysis of Backshape in Scoliosis. *J Biomech* 21:497-509, 1988.
74. **Upadhyay SS, Hsu LCS, Ho EKW, Leong JCY.** Disproportionate Body Growth in Girls with Adolescent Idiopathic: A longitudinal Study. *Spine* 16:343-347, 1991.
75. **Van Valen.** A Study of Fluctuating Assymetry. *Evolution* 16:125-142, 1962.
76. **Vercauteren M, Uyttendaele D, De Smet L.** Trunk Asymmetries and Scoliosis. In *Scoliosis Prevention: Proceedings of the Seventh Phillip Zorab Symposium*, 83-90. Warner J.O. & Mehta M.H. (Ed), Prager, New York, 1983.
77. **Vinchon B.** Présentation d'un Appareil Permettant la Mesure des Gibbosités Scoliotiques. *Rev Chir Orthop* 51:643-644, 1965.
78. **Weinstein SL.** Adolescent Idiopathic Scoliosis: Prevalence and Natural History. In *The Pediatric Spine*, 463-478. Weinstein SL (Ed), New York, Raven Press, 1994.
79. **Weisz L, Jefferson RJ, Turner Smith AR, Houghton GR, Harris JD.** ISIS Scanning: A Useful Assessment Technique in the Management of Scoliosis. *Spine* 13:405-408, 1988.
80. **Wemyss-Holden SA, Burwell RG, Jacobs KJ, Moulton A, Polak FJ, McNeill SA, Webb JK.** The Rib Cage in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Segmental Analysis of Rib-Vertebra Angles Revealing Crossed RVA Asymmetry with Aetiological Implications. In *Proceedings of a Joint Meeting of British Association of Clinical Anatomists and American Association of Clinical Anatomists*, Norwich, 1991.
81. **Whitwell DJ, Kirby AS, Burwell RG, Cole AA, Moulton A, Polak FJ, Webb JK.** Ultrasound Rib and Vertebral Rotation in the Trunk of Screening Referrals and Pre-Operative Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Clin Anat* 8:153, 1995.
82. **Willner S.** The Proportion of Legs to Trunk in Girls with Idiopathic Structural Scoliosis. *Acta Orthop Scand* 46:84-89, 1975.
83. **Willner, S.** Moiré Topography for the Diagnosis and Documentation of Scoliosis. *Acta Orthop Scand*, 50:295-302, 1979.

- 84. Wojcik, AS, Burwell RG, Webb JK, Moulton A.** A New Ultrasound Method for Measuring Spinal Torsion in Scoliosis. In *Surface Topography and Body Deformity*, 25-30. Proceedings of the Fifth International Symposium. Neugebauer H. & Windischbauer G. (Ed), Gustav Fischer, Stuttgart, 1988.
- 85. Wojcik, AS, Burwell RG, Webb JK.** The Relation Between Vertebral Rotation and Tilt in Thoracic Idiopathic Scoliosis. The Concept of Rotational Load in the Spine During Gait. In *Surface Topography and Spinal Deformity*, 57-63, Alberti A., Drerup B. & Hierholzer E. (Ed), Gustav Fisher, Stuttgart, 1992.
- 86. Wynne-Davies R.** Familial Idiopathic Scoliosis: A Family Survey. *J Bone J Surg* 50B:24-30, 1968.

**2ªParte - A PERFILOMETRIA TRIDIMENSIONAL
AUTOMATIZADA DO TRONCO**

A PERFILOMETRIA TRIDIMENSIONAL AUTOMATIZADA DO TRONCO

Princípio da Técnica

Qualquer técnica que conduza à aquisição de duas imagens de uma cena, tomadas a partir de posições diferentes, poderá recorrer ao princípio da triangulação para obter informação tridimensional sobre a cena. Este princípio é ilustrado na Fig. 1. Um ponto de uma imagem determina, juntamente com o centro óptico do sistema formador de imagem da câmara utilizada na sua aquisição, uma recta no espaço que passa pelo ponto da cena que lhe deu origem. A equação desta recta pode ser calculada conhecidas as coordenadas do ponto na imagem e os parâmetros geométricos da câmara. Conhecidos em duas imagens, os pontos P1 e P2 correspondentes a um mesmo ponto P da cena, é possível determinar as equações de duas rectas de cuja intersecção resultam as coordenadas tridimensionais do ponto P.

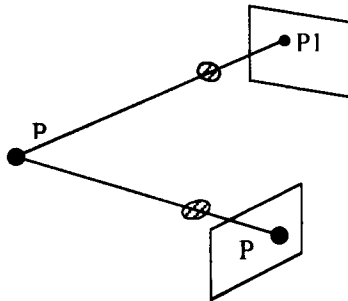


Figura 1: Princípio da triangulação.

A aplicação destas técnicas obriga assim a estabelecer correspondências entre pontos das imagens, ou seja, a procurar pares de pontos que sejam pontos imagem do mesmo ponto da cena. Para evitar ambiguidade no estabelecimento dessas correspondências, devem ser emparelhados apenas os pontos que nas duas imagens se distinguem claramente dos seus vizinhos, o que torna difícil a aplicação destas técnicas, ditas de *estereoscopia passiva*, nas situações, em que a cena apresenta bastante uniformidade nas suas características locais.

O princípio da triangulação é ainda aplicável na situação em que uma das tomadas de imagem é substituída pela projecção controlada de luz sobre a cena. Neste caso o padrão projectado pode ser encarado como sendo a imagem do padrão gerado na cena pela projecção. Nestas técnicas, usualmente designadas por *estereoscopia activa* ou de luz estruturada, a informação tridimensional continua a ser obtida por triangulação, mas o padrão projectado, ao criar pontos da cena com características particulares, permite, de forma geral, simplificar o processo de estabelecimento das correspondências entre os pontos da imagem e os pontos do padrão projectado. Em particular, este processo é facilitado se for possível associar a cada ponto do padrão projectado uma propriedade, mensurável na imagem, não dependente das características locais da cena iluminada pela projecção e que caracterize univocamente esse ponto. Nestas condições, o valor da propriedade, medido num ponto da imagem da cena, permitiria identificar o ponto correspondente no padrão projectado e estabelecer de forma imediata a correspondência entre pares de pontos da imagem e do padrão projectado.

A técnica que foi desenvolvida para a aquisição de informação tridimensional do tronco é uma técnica de estereoscopia activa em que é projectado sobre a superfície do tronco um padrão de intensidade de perfil periódico sinusoidal. A fase desse perfil é usada como propriedade codificadora do espaço e univocamente associada a cada ponto do padrão projectado. A partir da determinação da fase em cada ponto da imagem da superfície do tronco, codificada espacialmente pelo padrão de intensidade sinusoidal projectado, é possível estabelecer as correspondências entre os pontos da imagem e os pontos do padrão projectado e, conhecidos os parâmetros geométricos da câmara e do projector, retirar a informação tridimensional pretendida, aplicando o princípio da triangulação.

O espaço de medida da informação tridimensional do tronco

é codificado recorrendo a um projector de diapositivos que gera um padrão de luz cuja intensidade apresenta sobre a superfície do tronco um perfil de tipo sinusoidal. A imagem do tronco, assim codificado, é obtida por uma câmara CCD, e posteriormente analisada para obter a fase em cada ponto de interesse. O valor de fase num dado ponto da imagem permite estabelecer a correspondência com o ponto que no padrão projectado apresenta o mesmo valor de fase e por um processo de triangulação obter as coordenadas tridimensionais do ponto correspondente na superfície do tronco.

Na técnica que foi desenvolvida o processo de estabelecimento da correspondência entre pontos da imagem e pontos do padrão projectado foi restringido, na imagem, aos pontos situados na coluna central. Por calibração inicial do sistema, o projector e a câmara CCD são forçados a ocupar posições espaciais em que os centros ópticos dos respectivos sistemas formadores de imagem, a coluna central do sensor de imagem da câmara CCD e a coluna central do diapositivo projectado estão situados no mesmo plano. O problema de estabelecimento de correspondência pode assim ser resolvido num espaço bidimensional, em que a origem das coordenadas é, sem perda de generalidade, atribuída ao centro óptico do sistema formador de imagem da câmara CCD e o eixo dos xx coincide com a linha que une os centros ópticos dos sistemas formadores de imagem da câmara CCD e do projector. As coordenadas do centro óptico do sistema formador de imagem do projector, podem ser caracterizadas apenas pela distância à origem das coordenadas, Fig. 2.

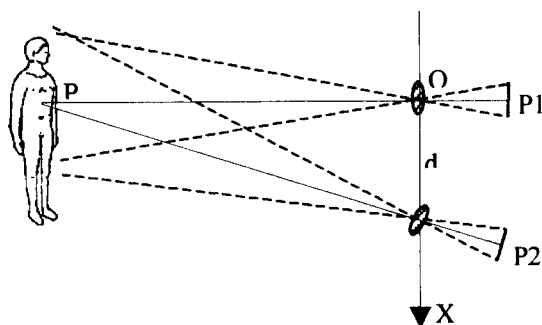


Figura 2: Centros ópticos.

No projector é colocado um diapositivo cuja transmitância, em qualquer das suas colunas e em particular na sua coluna central, pode ser descrita por:

$$T(x) = A * \cos (2 \pi f_o x)$$

ou seja apresenta um perfil sinusoidal segundo o eixo dos xx , com uma frequência f_o e uma amplitude A .

Quando se ilumina com a luz proveniente do projector e utilizando este diapositivo um plano, dito de referência, colocado paralelamente à linha que une os centros ópticos dos sistemas formadores de imagem da câmara CCD, e à distância L da origem das coordenadas, a intensidade da coluna central da imagem obtida pela câmara CCD pode ser descrita por:

$$I_{ref}(x) = I_o(x) + I(x) * \cos (2 \pi f_o x + \phi_{ref}(x))$$

Esta intensidade tem um perfil sinusoidal, com uma amplitude $I(x)$ e um termo médio $I_o(x)$ variáveis devido às diferentes condições de reflectância do tronco ao longo do eixo dos xx . A fase do perfil sinusoidal da intensidade apresenta uma evolução não linear segundo o eixo dos xx , contida no termo $\phi_{ref}(x)$, devido à divergência do sistema formador de imagem do projector. Qualquer ponto do eixo dos xx codificado pela luz projectada pode ser caracterizado de forma unívoca pelo valor da fase $2 \pi f_o x + \phi_{ref}(x)$ nesse ponto.

Se se iluminar nas mesmas condições a superfície do tronco a imagem obtida pela câmara CCD do tronco apresenta na sua coluna central uma intensidade que pode ser descrita por:

$$I(x) = A(x) + B(x) * \cos (2 \pi f_o x + \phi_{ref}(x) + \phi(x))$$

em que $A(x)$ e $B(x)$ são respectivamente o termo médio e a amplitude, variáveis ao longo do eixo dos xx pela razão já apontada. Neste caso, a fase em cada ponto codificado do eixo dos xx , aparece modulada não só pela divergência do sistema formador de imagem do projector mas também pela altura relativa desses pontos, mas tal como anteriormente cada ponto apresenta um valor da fase $2 \pi f_o x + \phi_{ref}(x) + \phi(x)$ que o caracteriza univocamente.

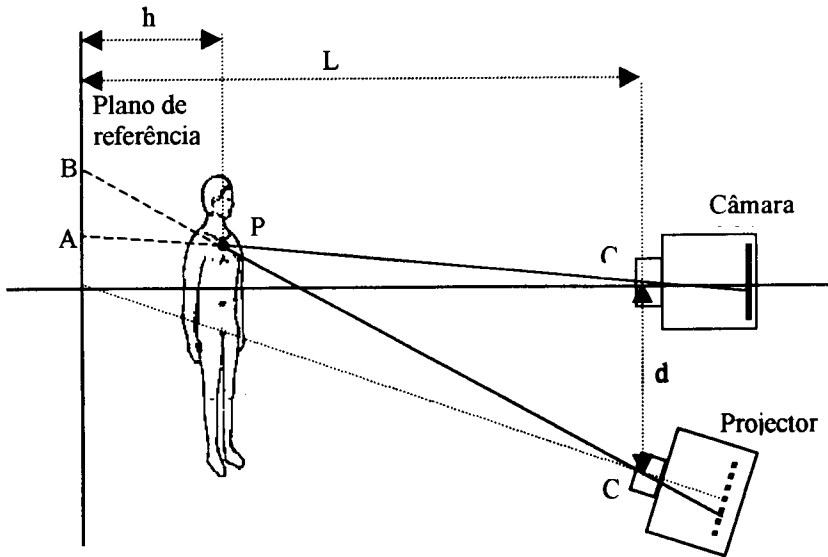


Figura 3: Princípio da triangulação.

A Fig. 3 ilustra a aplicação do princípio da triangulação para obtenção das coordenadas dos pontos situados no eixo dos xx, ou seja na coluna central da imagem da superfície do tronco obtida pela câmara CCD, partindo do conhecimento da distribuição dos valores da fase desses pontos e da distribuição dos valores da fase dos pontos situados na coluna central da imagem do plano dito de referência. Consideremos, por exemplo, o ponto P situado na superfície do tronco, cuja imagem se faz sobre um detector do sensor de imagem da câmara CCD, situado na coluna central desse sensor. A esse detector, corresponde um dado ponto da coluna central da imagem obtida pela câmara CCD, e em particular a imagem do ponto A do plano de referência. A partir da imagem da superfície codificada do tronco é determinado o valor ϕ_P da fase no ponto P. Se conhecermos a distribuição dos valores da fase nos pontos situados no eixo dos xx do plano de referência é possível determinar o ponto B desse plano no qual $\phi_B = \phi_P$. O conhecimento dos pontos A e B, situados no plano de referência, permite calcular a sua distância geométrica AB. Da semelhança dos triângulos PAB e PC_1C_2 retira-se

$$h(x_P) = L * AB / (L * d + AB)$$

ou seja, determina-se a altura do ponto P relativamente ao plano de referência. Por calibração inicial do sistema são obtidos os parâmetros geométricos do sistema d e L, respectivamente a distância entre os centros ópticos dos sistemas formadores de imagem da câmara e do projector e a distância do plano de referência à origem das coordenadas. Conhecido o valor de $h(x_p)$ é calculado o valor da coordenada x_p

$$x_p = x_A * (1 - h(x_p) / L)$$

Método de determinação da fase

A técnica de estereoscopia activa usada para obter a informação tridimensional sobre o tronco baseia-se no estabelecimento dos valores da fase em pontos situados na coluna central de imagens de superfícies codificadas espacialmente por projecção de um padrão de intensidade de perfil sinusoidal.

A variação de intensidade na coluna central da imagem pode ser descrita por:

$$I(x) = A(x) + B(x) * \cos(2\pi f_0 x + \phi(x))$$

em que f_0 corresponde ao valor médio da frequência espacial do perfil sinusoidal da intensidade e $2\pi f_0 x + \phi(x)$ é a fase que se pretende determinar.

Considerando dois padrões de intensidade puramente sinusoidais $R(x)$ e $S(x)$, em quadratura, e com uma frequência espacial igual a f_0 :

$$R(x) = \cos(2\pi f_0 x)$$

$$S(x) = \sin(2\pi f_0 x)$$

Se se fizer o produto de $I(x)$ por $R(x)$ obtém-se:

$$I(x) * R(x) = A(x) * R(x) + B(x) / 2 * \{ \cos(\phi(x)) + \cos(2\pi 2 f_0 x + \phi(x)) \}$$

em que o termo $B(x) / 2 * \cos(\phi(x))$ representa uma componente de baixa frequência espacial que pode usualmente ser separado dos restantes por uma operação de filtragem, do tipo passa-baixo, realizada no domínio espacial, ao longo do eixo dos xx. Na prática essa filtragem é realizada através da convolução do produto $I(x) * R(x)$ com uma janela espacial $H(x)$ de dimensão e amplitude adequados.

Representando a operação convolução pelo símbolo **, da operação de filtragem resulta:

$$M1(x) = \{ I(x) * R(x) \} ** H(x) = B(x) / 2 * \cos(\phi(x))$$

Tomando agora o produto de $I(x)$ com o outro termo em quadratura $S(x)$, e realizando uma operação de filtragem análoga, obtém-se:

$$M2(x) = \{ I(x) * S(x) \} ** H(x) = B(x) / 2 * \sin(\phi(x))$$

A distribuição de fase $\phi(x)$ ao longo do eixo dos xx pode ser calculada determinando o arco cuja tangente é a razão entre $M2$ e $M1$, ou seja:

$$\phi(x) = \text{arcotangente} (M2(x) / M1(x))$$

Apesar de $M1$ e $M2$ serem dependentes das diferentes condições de iluminação e de reflectância da superfície codificada espacialmente, o que se traduz no aparecimento em ambos de uma amplitude $B(x) / 2$, variável ao longo do eixo dos xx, a introdução no cálculo da fase da razão entre ambos elimina essa dependência. Determinada a distribuição de fase $\phi(x)$ pode ser obtido o valor pretendido para a fase em cada ponto x , $2 \pi f_o x + \phi(x)$, conhecida a frequência espacial f_o .

Dado que a função arcotangente retorna apenas valores no intervalo $-\pi$ a $+\pi$, os valores calculados para a distribuição de fase $\phi(x)$ são indeterminados a menos de $2 N \pi$, ou seja, se for $\phi_c(x)$ a fase calculada, a fase real será dada por :

$$\phi(x) = \phi_c(x) + 2 N \pi, \text{ em que } N \text{ é um inteiro positivo ou negativo}$$

A indeterminação pode ser levantada se se supor que existe continuidade na evolução da fase de $I(x)$. O valor de N em cada

ponto é determinado, detectando ao longo do eixo dos x variações de fase abruptas entre pontos vizinhos, de valor próximo de 2π , e assumindo que essas variações só podem ocorrer nas transições entre períodos espaciais diferentes de $I(x)$. Para que este algoritmo de determinação da fase real possa ser aplicado, o período espacial do padrão de perfil sinusoidal usado na codificação do espaço de medida deve ser adequado à evolução das alturas da superfície codificada, por forma a garantir que em $I(x)$ não surja, por efeito da modulação de fase introduzida pela altura, uma variação de fase entre pontos vizinhos superior a 2π .

No sistema desenvolvido a unidade de processamento de imagem digitaliza a imagem captada pela câmara CCD numa matriz de 512×512 pixel, tendo cada pixel um valor entre 0 e 255, correspondente ao nível de cinzento da imagem nesse ponto. O perfil de intensidade $I(x)$ corresponde assim ao conjunto dos valores de níveis de cinzento dos 512 pixel situados ao longo da coluna central da imagem digitalizada, Fig.4.

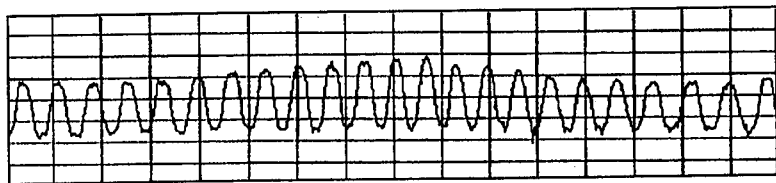


Figura 4: Perfil de intensidade de fase.

Para se calcular a distribuição dos valores de fase relativos a um dado perfil de intensidade $I(x)$ de uma imagem digitalizada, é necessário, como vimos anteriormente, conhecer o valor da frequência espacial média f_0 . Essa frequência constitui um dos parâmetros de calibração inicial do sistema e é obtida a partir da análise da distribuição dos mínimos e dos máximos locais de $I(x)$ para a imagem digitalizada do denominado plano de referência, não necessitando de ser recalculada, desde que não se altere esse plano. Conhecido o valor de f_0 , são gerados em computador os perfis de intensidade sinusoidal, em quadratura, $R(x)$ e $S(x)$ e efectuados os produtos $I(x) * R(x)$ e $I(x) * S(x)$. Os termos $M1(x)$ e $M2(x)$ são posteriormente obtidos para cada valor de x , realizando a convolução de cada um dos produtos anteriores com uma janela espa-

cial de Hamming centrada no ponto de coordenada x e com uma largura igual ao dobro do período espacial T_0 . A distribuição dos valores da fase ao longo do eixo dos xx é calculada para cada valor de x , adicionando ao valor $2\pi f_0 x$ o resultado da aplicação da função arcotangente ao quociente de $M2(x)$ por $M1(x)$. Devido à indeterminação no valor calculado para a fase pela função arcotangente a distribuição de fase calculada apresenta descontinuidades, Fig.5.

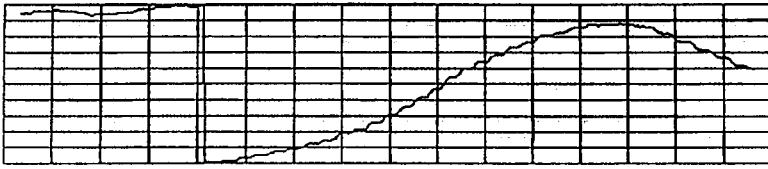


Figura 5: Descontinuidade da Fase.

Para eliminar essas descontinuidades é aplicado à distribuição de fases calculada um algoritmo de ajuste. Partindo de um ponto, cuja escolha pode ser arbitrária, no qual se considera que o ajuste é nulo, percorre-se todos os pontos em que a fase foi calculada procurando as situações em que a variação do valor da fase em pontos vizinhos é abrupta e próxima de 2π . Nessas situações é calculado um novo valor de ajuste que, conforme o sentido da variação, adiciona ou subtrai o valor 2π ao valor de ajuste anterior, por forma a assegurar que a fase real obtida por adição do valor de ajuste com a fase calculada anteriormente tenha uma evolução contínua, Fig.6.

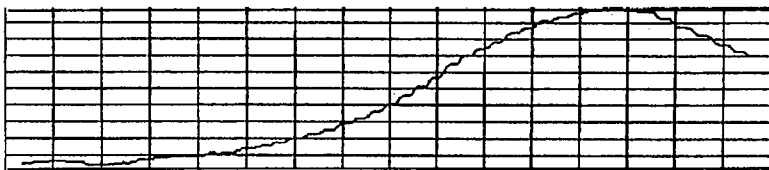


Figura 6: Fase ajustada.

Sistema de topografia 3D do tronco

Para implementar o método de análise da forma do tronco foi concebido e construído um sistema que integra uma unidade de codificação espacial e aquisição de imagens, um sistema de varrimento dessa unidade, um monitor de vídeo para visualização das imagens e uma unidade de digitalização e processamento de imagens, sendo o controlo de todo o sistema efectuado por um computador do tipo PC, Fig. 7.

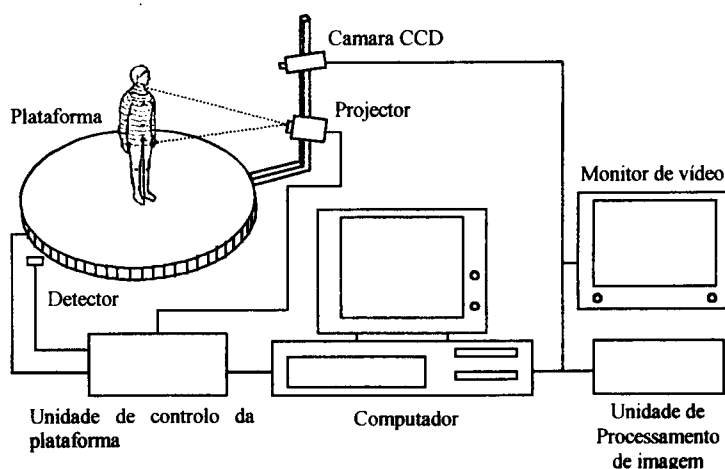


Figura 7: Diagrama do sistema.

Na técnica de estereoscopia activa que foi desenvolvida a informação, sob a forma de distribuição de alturas relativamente a uma linha situada no plano de referência, é obtida a partir da análise da coluna central de uma imagem da superfície do tronco em estudo, codificada espacialmente pela projecção de um padrão de luz de perfil de intensidade sinusoidal. No caso da superfície do tronco, para uma dada posição espacial do sistema de codificação espacial e aquisição de imagem, constituído pelo projector e pela câmara CCD, pode ser feito o levantamento das alturas dos pontos situados na linha meridiana do tronco correspondente à intersecção da superfície deste com o plano que passa pelos centros ópticos dos sistemas formadores de imagem da câmara e do projector e pelas

colunas centrais do diapositivo projectado e do sensor de imagem da câmara CCD.

Para realizar o levantamento topográfico de toda a superfície do tronco é necessário efectuar um varrimento espacial do sistema de codificação espacial e aquisição de imagem em torno do tronco, sendo obtidas e armazenadas imagens em cada uma de 194 posições angulares discretas, igualmente distribuídas ao longo dos 360° de rotação efectuados pelo sistema durante o varrimento.

O conjunto formado pelo projector e pela câmara CCD são rigidamente fixados a um braço que por acção de um motor é rodado em torno da plataforma em que se coloca a pessoa a examinar, Fig. 8.

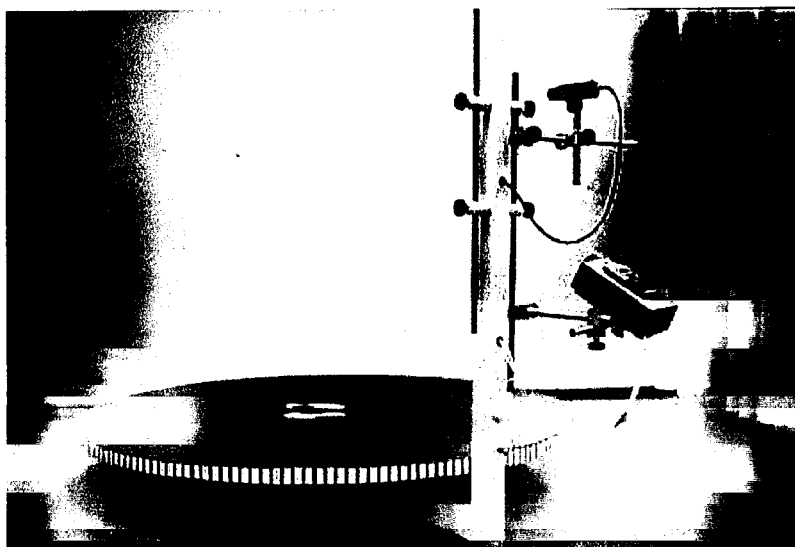


Figura 8: Fotografia da plataforma com local de colocação da pessoa a examinar e com as 194 marcas à periferia bem como braço giratório suportando a câmara CCD e o projector.

O arranque e paragem do motor bem como o sentido e a velocidade de rotação são controlados pelo computador através de um circuito electrónico especialmente concebido para o efeito. Foi ainda realizado um sistema de codificação da posição angular do braço, baseado em fotodetectores, que envia um sinal à unidade de

aquisição de imagem, sempre que o braço rotativo passa por uma de 194 posições angulares predefinidas. O sistema de codificação angular incorpora ainda um detector que permite sinalizar o sistema sempre que o braço rotativo passa numa posição determinada, considerada a posição inicial do varrimento. A câmara de vídeo CCD é da marca Sony, modelo AVC D5 CE, com 1:1,4/8mm e o projector é uma modificação do modelo Diamotor da marca Reflecta, com lente 1:2,8/55mm, modelo Agomar MC.

A unidade de digitalização e processamento de imagens é baseada numa placa da firma Data Translation e permite digitalizar em tempo real a imagem captada pela câmara CCD, numa matriz de 512x512 pixel, sendo a intensidade de cada pixel codificada numa palavra digital de 8 bits, ou seja tendo cada pixel uma gama de níveis de cinzento de 0 a 255. A placa permite ainda que o disparo da operação de digitalização de cada imagem seja sincronizado por um sinal exterior. Esta funcionalidade é utilizada no sistema para realizar a digitalização das imagens ao longo do varrimento de 360° efectuado pela unidade de codificação espacial e aquisição de imagem apenas nas posições angulares predefinidas, assinaladas pelo sistema de codificação da posição angular do braço móvel. No final de um varrimento completo, são adquiridas 194 imagens da superfície do tronco, armazenando-se de cada uma delas apenas o valor dos 512 pixel situados na sua coluna central.

O conjunto das 194 colunas é posteriormente agrupado numa única imagem, Fig. 9, que corresponde ao planisfério.

Execução da Técnica

A Pessoa a examinar é colocada de pé, em posição de relaxamento, com os braços suspensos ao longo do tronco, respirando normalmente, com os pés coincidindo com marcas dos mesmos impressas na parte média da plataforma, centradas no centro geométrico desta, que corresponde ao eixo de rotação do sistema, Fig.10.

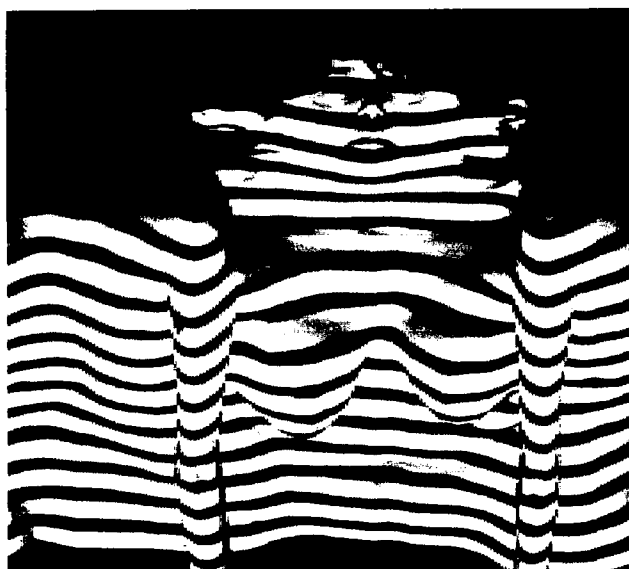


Figura 9: Imagem planisférica.

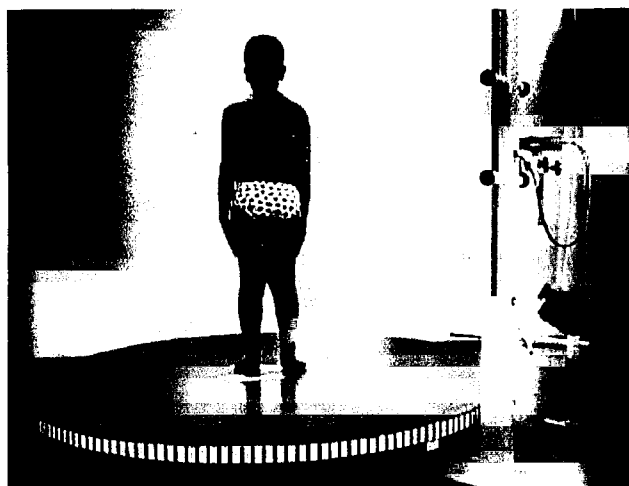


Figura 10: Colocação da pessoa a examinar e instantâneo do sistema em funcionamento (com luz ambiente para permitir fotografia).

Dado que o computador inicia o movimento do braço do sistema que suporta a câmara CCD e o projector em duas posições

pré-defenidas e rodando ora no sentido horário ora no sentido anti-horário, existem duas posições fixas para a colocação dos pés, desenhadas na plataforma e fazendo um ângulo de 90° com o plano de projecção e captação de imagem, Fig. 11.



Figura 11: Marcas para os pés em posições prédefenidas.

A vertical da linha média da superfície posterior do tronco é centrada pela vertical do centro geométrico do écran do monitor de vídeo, no início de cada exame efectuado, Fig. 12. No exame seguinte a pessoa a examinar é colocada com os pés na segunda posição das marcas, a centragem da superfície posterior do tronco novamente confirmada no écran e o movimento do braço do sistema rodando no sentido contrário ao do exame anterior.

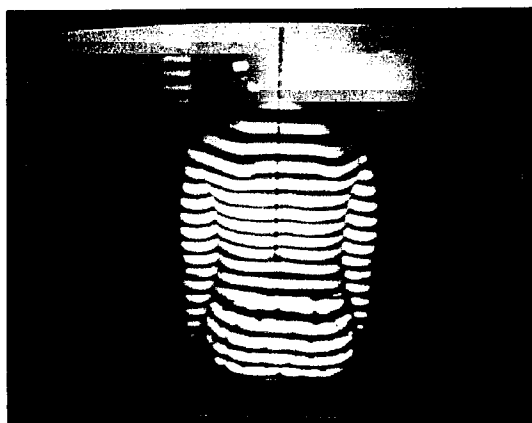


Figura 12: Ecran do monitor de vídeo e "centragem" da imagem e da pessoa a examinar, no início do exame.

O tempo de aquisição da informação da superfície do tronco em toda a sua extensão em cada exame é de 20 segundos, obtendo-se uma imagem “bruta” que mais não é que o planisfério de 194 leituras verticais sucessivas da superfície do tronco, coincidindo com marcas com o mesmo número e igualmente espaçadas, colocadas na periferia da plataforma, Fig. 13 e lidas pelo computador por sensor fotoeléctrico acoplado na base do braço do sistema. O início e final da aquisição é também determinado pelo computador, baseado na informação fornecida pelo referido sensor fotoeléctrico.

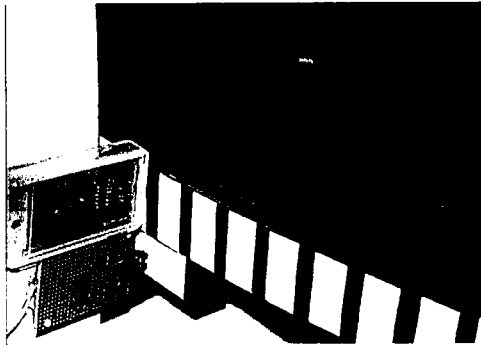


Figura 13: Marcadores na plataforma e sensor foto-eléctrico.

A imagem planisférica bruta e estranha é posteriormente processada pelo sistema informático Fig 14.



Figura 14: Computador e monitor de vídeo.

Através de algoritmo complexo e especialmente desenvolvido para o sistema, as franjas projectadas e distorcidas pelos acidentes anatómicos da superfície do tronco que constituem a imagem bruta planisférica já referida dão lugar de seguida à representação das fases Fig.15, e após esta à representação das alturas, Fig. 16, correspondentes a $194 \times 512 = 99.328$ pixel.

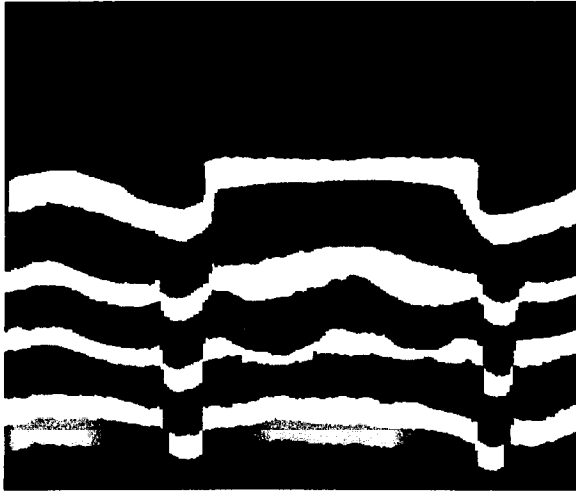


Figura 15: Representação planisférica das fases dos diversos pontos da superfície circunferencial do tronco.

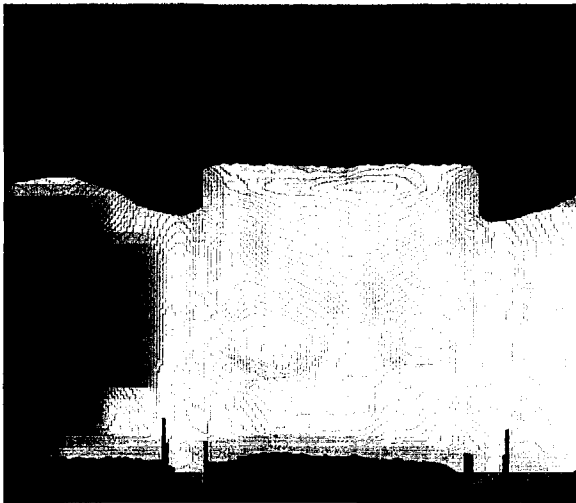


Figura 16: Representação planisférica das alturas dos 99.328 pixel de toda a circunferência do tronco.

O tempo de processamento informático é de cerca de 1 minuto, com fornecimento de imagens e medições, referidas em capítulo subsequente, passíveis de reprodução em papel normal formato A4, de ficha individual.

Evolução Experimental

De 1989 a 1993

A base matemática do método foi desenvolvida em 1989 e 1990 pelo Doutor Augusto Oliveira Silva Gomes, Professor da Faculdade de Engenharia do Porto, após as investigações que suportaram o seu Doutoramento em 1988¹⁷. Foi apresentado sob a forma de projecto à Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica («Estudo das Deformidades do Tronco com Iluminação Estruturada. Rastreio das Escolioses»), obtendo subsídio para seu desenvolvimento entre 1990 e 1993. Então era ainda, apenas, um método avançado, porque informatizado e automático, do tipo rastreio Moiré, destinado a detectar e quantificar no dorso a deformidade escoliótica¹⁸.

A partir de 1993

O método inicialmente concebido sofreu alterações radicais desde a constituição do sistema, até ao tipo de informações fornecidas, passando pela revolução completa do sistema informático que é a base fundamental da técnica. Apenas se manteve a ideia base e o substrato científico que é a possibilidade de se conseguir a visualização tridimensional da superfície do tronco, através de técnica de triangulação óptica, baseada na medida de fase^{14,19,21}. Foram dias, meses e anos de entusiasmo e simultaneamente de frustrações que acompanharam a evolução da técnica e sua aplicação prática.

Passa-se resumidamente a descrever as referidas etapas evolutivas:

1. Sistema

No organigrama inicial da técnica, Fig. 17, a plataforma era móvel e em oposição, quer a câmara CCD quer o projector estáticos. A pessoa a examinar era colocada no centro da plataforma, de menores dimensões que a actual, e rodava com o movimento desta imprimido pelo motor comandado pelo computador.

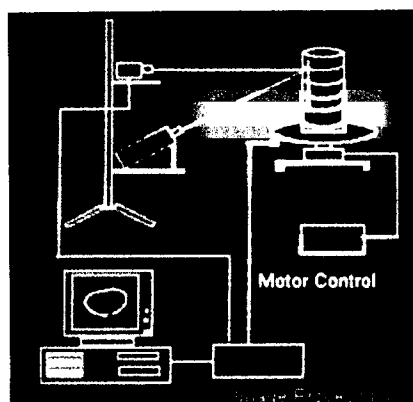


Figura 17: Diagrama do Sistema Inicial.

Os inconvenientes deste desenho do sistema eram evidentes em termos de posicionamento da pessoa a examinar que adoptava sistematicamente posições de defesa contra a insegurança que sentia e a inércia do movimento da plataforma, repercutindo-se na falta de rigor e reproductibilidade das imagens conseguidas. Isto levou à construção de base de novo sistema, em que a plataforma e a pessoa a examinar estão fixos, movendo-se sim de forma automatizada o braço giratório que dá suporte à câmara CCD e ao projector. A construção do novo sistema foi efectuada nas instalações do Laboratório de Biomecânica- Doutor Luís Serra, do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António e decorreu nos anos de 1994 e 1995.

2. Lente

A lente do projector de slides tinha uma distância focal de 90.mm, mas com a construção do novo sistema e devido às limitações de espaço do local aonde foi construído, a luz projectada não tinha a abrangência de troncos de pessoas de grande estatura. Inicialmente acoplou-se um espelho no projector para aumentar a divergência da luz projectada, contudo esta modificação também condicionava falta de rigor pela vibração e mudança de posição do espelho. A solução consistiu na confecção de lente com distância focal de 55mm.

3. Luz Projectada

As franjas da luz projectada na superfície do tronco da pessoa a examinar eram inicialmente 50. Este número veio a demonstrar-se excessivo ao longo da evolução experimental, porque condicionava nos acidentes anatómicos pronunciados zonas negras ou sombras, com consequente grande dificuldade ou impossibilidade de leitura pelo processamento informático. Após várias tentativas standardizou-se o número de franjas para 20, Fig. 18, considerado como ideal em termos de compromisso entre a qualidade e quantidade da informação adquirida e posteriormente processada informaticamente. Quaisquer que sejam as dimensões do tronco da pessoa a examinar, o número de franjas da luz projectada e a posição relativa da câmara de vídeo e do projector são constantes, para evitar a recalibração sistemática do sistema em todos os exames efectuados.



Figura 18: Instantâneo da projecção das franjas, durante realização de PTAT, em toda a circunferência do tronco e zonas corporais limítrofes, em doente com escoliose idiopática do adolescente.

4. Algoritmo

Os programas informáticos usados para o funcionamento automatizado de todo o sistema de aquisição de imagens e seu proces-

samento informático são complexos. Sempre que ao longo da evolução experimental surgiram inovações no sistema, houve necessidade de alteração dos referidos programas, contudo foi no algoritmo usado para o processamento das imagens planisféricas que as dificuldades foram maiores e de mais lenta resolução. No ano de 1999 detectou-se um erro no referido algoritmo que condicionava dificuldade no processamento das imagens cuja aquisição tinha sido efectuada durante vários anos, felizmente resolvido com facilidade após a sua detecção.

Apresenta-se a seguir a listagem do programa desenvolvido para realizar o algoritmo:

```
unit prprocl;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils,
  Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;

type
  Image = Array [0..192,0..511] of
  byte;
  ArrByte = Array [0..511] of byte;
  ArrInt = Array [0..511] of integer;
  ArrReal = Array [0..511] of real;
  ArrCores = Array [1..20] of TColor;

TProcImag = class(TForm)
  Button1: TButton;
  OpenFileDialog: TOpenDialog;
  Image1: TImage;
  Button2: TButton;
  Edit1: TEdit;
  Label1: TLabel;
  Button3: TButton;
  Image2: TImage;
  Button5: TButton;
  Button6: TButton;
  Button7: TButton;
  Edit2: TEdit;
  Label2: TLabel;
  Button4: TButton;
  Image3: TImage;
  ScrollBar2: TScrollBar;
  Image4: TImage;
  SaveDialog1: TSaveDialog;

  procedure Button1Click(Sender:
  TObject);
  procedure FormDestroy(Sender:
  TObject);
  procedure Image1MouseDown(Sender:
  TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y:
  Integer);
  procedure Button2Click(Sender:
  TObject);
  procedure FormCreate(Sender:
  TObject);
  procedure Button3Click(Sender:
  TObject);
  procedure Image1MouseMove(Sender:
  TObject; Shift: TShiftState; X,
  Y: Integer);
  procedure Image1MouseUp(Sender:
  TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y:
  Integer);
  procedure Button5Click(Sender:
  TObject);
  procedure Button6Click(Sender:
  TObject);

  procedure Button7Click(Sender: TObject);
  procedure Button4Click(Sender: TObject);
  procedure ScrollBar2Change(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
  procedure Calcula_Fases(s:string);
  procedure Calcula_Alturas(nomef:string);
end;

var
  ProcImag: TProcImag;
  IniDrag:Boolean;

implementation

{$R *.DFM}

uses VeCortes,HiddenF;

var
  Imag1:Image;
  MyBitMap, BitMap2, BitMap3, BitMap4:TbitMap;
  Ficheiro:string;
  Cores:ArrCores;
  Cursor_ant,Deal_ant:integer;
  xdrini,ydrini,xdrfim,ydrfim:integer;
  flag_altura:byte;
  franjas_ref:array[1..20] of integer;
  num_franja_ref:byte;

const
  directorio='c:\hgsa\calibracao\imagens';
  procedure TProcImag.Button1Click(Sender: TObject);
  var
    f: file of byte;
    valor: byte;

    X,y:integer;

  begin
    With OpenFileDialog do
      begin
        DefaultExt:='.dat';
        Filter:= 'Data files (*.dat)|*.dat';
        Filename:='';
        InitialDir:=directorio;
      end;
      if (OpenDialog1.Execute) then
        begin
          If OpenDialog1.Filename <> '' then
            begin
              button1.visible:=false;
              button3.visible:=false;
              button4.visible:=false;
              button5.visible:=false;
              button6.visible:=false;
              button7.visible:=false;
```



```

for x:=0 to 192 do
begin
  for y:=0 to 511 do
  begin
    Pixels[3*x,y]:=800000000+65536*Imag1[x,y]+256*Imag1[x,y]+Imag1[x,y];
    Pixels[3*x+1,y]:=800000000+65536*Imag1[x,y]+256*Imag1[x,y]+Imag1[x,y];
    Pixels[3*x+2,y]:=800000000+65536*Imag1[x,y]+256*Imag1[x,y]+Imag1[x,y];
  end;
end;
Imagem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
Imagem1.Refresh;

s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-4);
a:=s+'.frj';
AssignFile(f,s);
Rewrite(f);
for x:=0 to 192 do
begin
  for y:=0 to 511 do
  begin
    Write(f,Imag1[x,y]);
  end;
end;
a:=StrToInt(Edit2.Text);
Write(f,a);
CloseFile(f);
button1.visible:=true;
button3.visible:=true;
button4.visible:=true;
button5.visible:=true;
button6.visible:=true;
button7.visible:=true;
end;

procedure TProcImag.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  Franjas_ref[1]:=452;
  Franjas_ref[2]:=430;
  Franjas_ref[3]:=408;
  Franjas_ref[4]:=385;
  Franjas_ref[5]:=360;
  Franjas_ref[6]:=337;
  Franjas_ref[7]:=315;
  Franjas_ref[8]:=287;
  Franjas_ref[9]:=260;
  Franjas_ref[10]:=235;
  Franjas_ref[11]:=207;
  Franjas_ref[12]:=177;

  Franjas_ref[13]:=146;
  Franjas_ref[14]:=116;
  Franjas_ref[15]:=82;
  Franjas_ref[16]:=46;
  Franjas_ref[17]:=12;

  Franjas_ref[1]:=403;
  Franjas_ref[2]:=380;
  Franjas_ref[3]:=356;
  Franjas_ref[4]:=332;
  Franjas_ref[5]:=308;
  Franjas_ref[6]:=284;
  Franjas_ref[7]:=260;
  Franjas_ref[8]:=235;
  Franjas_ref[9]:=209;
  Franjas_ref[10]:=183;
  Franjas_ref[11]:=155;
  Franjas_ref[12]:=127;
  Franjas_ref[13]:=97;
  Franjas_ref[14]:=68;
  Franjas_ref[15]:=37;

  Cores[1]:=clRed;
  Cores[2]:=clYellow;
  Cores[3]:=800800ff;
  Cores[4]:=800fffc0;
  Cores[5]:=clFuchsia;
  Cores[6]:=800800ff;
  Cores[7]:=clLime;
  Cores[8]:=800ff40ff;
  Cores[9]:=80080ff80;
  Cores[10]:=80040fff;
  Cores[11]:=8008000ff;
  Cores[12]:=8000080ff;
  Cores[13]:=800fffc0;
  Cores[14]:=800c0fff;
  Cores[15]:=800ffc0ff;

  Cores[16]:=800ffc0c0;

  Cores[17]:=800c040ff;
  Cores[18]:=80040ffc0;
  Cores[19]:=800ffc040;
  Cores[20]:=800ff40c0;
  IniDrag:=False;
  MyBitMap:=TBitMap.Create;
  BitMap2:=TBitMap.Create;
  BitMap3:=TBitMap.Create;
  BitMap4:=TBitMap.Create;
  Imagem1.Width:=579;
  Imagem1.Height:=512;
  Imagem1.Left:=10;
  Imagem1.Top:=10;
  Imagem1.Visible:=False;
  MyBitMap.Width:=579;
  MyBitMap.Height:=512;
  MyBitMap.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
  MyBitMap.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
  Imagem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
  Imagem2.Width:=579;
  Imagem2.Height:=512;
  Imagem2.Left:=10;

  Imagem2.Top:=10;
  BitMap2.Width:=579;
  BitMap2.Height:=512;
  BitMap2.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
  BitMap2.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
  Imagem2.Visible:=false;
  Imagem2.Picture.BitMap:=BitMap2;
  Imagem3.Width:=181;
  Imagem3.Height:=512;
  Imagem3.Left:=Imagem1.Left+Imagem1.Width;
  Imagem3.Top:=Imagem1.Top;
  BitMap3.Width:=181;
  BitMap3.Height:=512;
  BitMap3.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
  BitMap3.Canvas.Rectangle(0,0,180,511);
  Imagem3.Visible:=false;
  Imagem3.Picture.BitMap:=BitMap3;
  Imagem4.Width:=579;
  Imagem4.Height:=512;
  Imagem4.Left:=10;
  Imagem4.Top:=10;
  BitMap4.Width:=579;
  BitMap4.Height:=512;
  BitMap4.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
  BitMap4.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
  Imagem4.Visible:=false;
  Imagem4.Picture.BitMap:=BitMap4;
  ScrollBar2.Visible:=false;
  cursor_ant:=0;
end;

procedure TProcImag.Calcula_Fases(s:string);
var
  x,y,apont,apont_inf,apont_sup,valor_inf,valor_sup:integer;
  df:extended;
  fase:array[0..511] of integer;
  franjas:array[0..511] of byte;
  f:file of byte;
  fl:file of integer;
  sl:string;
begin
  AssignFile(f,s);
  sl:=Copy(s,1,Length(s)-4);
  sl:=sl+'.fas';
  AssignFile(fl,sl);
  Rewrite(fl);
  Reset(f);
  for x:=0 to 192 do
  begin
    // le as franjas nessa coluna
    for y:=0 to 511 do
    begin
      read(f,franjas[y]);
    end;
    // constroi as fases
    for y:=0 to 511 do
    begin
      if franjas[y]<> 255 then
        fase[y]:=360*franjas[y] else fase[y]:=0;
      end;
    end;
    y:=0;
    while (fase[y]=0) do y:=y+1;
    apont_inf:=y;
    valor_inf:=fase[y];
    y:=y+1;
  end;
end;

```

```

while (y<512) do
begin
while ((fase[y]=0) and
(y<512)) do y:=y+1;
if ((fase[y]<0) and
(y<512)) then
begin
apont_sup:=y;
valor_sup:=fase[y];
df:=(valor_sup -
valor_inf)/(apont_sup - apont_inf);
for
apont:=apont_inf+1 to apont_sup-1 do
begin
fase[apont]:=round(fase[apont_inf]+(ap
ont-apont_inf)*df);
end;
apont_inf:=apont_sup;
valor_inf:=valor_sup;
end;
y:=y+1;
end;
for y:=0 to 511 do
write(f1,fase[y]);
end;
CloseFile(f);
CloseFile(f1);
end;

procedure TProcI-
mag.Button3Click(Sender: TObject);
var
f: file of byte;
f1:file of integer;
val: byte;
x,y:integer;
valor_fase:integer;
valor:TColor;
s:string;
begin
flag_altura:=3;
cursor_ant:=0;
With OpenFileDialog1 do
begin
DefaultExt:='.frj';
Filter:= 'frj';
Files(*.frj)|(*.frj);
Filename:='';
InitialDir:=directorio;
end;
if (OpenDialog1.Execute) then
begin
if OpenDialog1.Filename <> ''
then
begin
Ficheiro:=OpenDialog1.FileName;
Imagem1.Visible:=True;
MyBit-
Map.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
MyBit-
Map.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);

Ima-
gem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
Assign-
File(f,OpenDialog1.Filename);
Reset(f);
With MyBitMap.Canvas do
begin
for x:=0 to 192 do
begin
for y:=0 to 511
do
begin
Read(f,val);
Imag1[x,y]:=val;
Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*val+256
*val+val;
Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*val+2
56*val+val;
Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*val+2
56*val+val;
end;
end;
end;
end;

Read(f,num_franja_ref);
CloseFile(f);
Imagem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
end;

//MessageDlgPos('Continuar',mtInformation,[mbOK],0,600,20
0);

Calcula_Fases(Ficheiro);
s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-4);
s:=s+'.fas';
AssignFile(f1,s);
Reset(f1);
With MyBitMap.Canvas do
begin
for x:=0 to 192 do
begin
for y:=0 to 511 do
begin
Read(f1,valor_fase);
if (valor_fase<=0) then
else
if ((valor_fase>0) and
(valor_fase<=360)) then valor:=clRed
else
if ((valor_fase>360) and
(valor_fase<=720)) then valor:=clYellow
else
if ((valor_fase>720) and
(valor_fase<=1080)) then valor:=clBlue
else
if ((valor_fase>1080) and
(valor_fase<=1440)) then valor:=clRed
else
if ((valor_fase>1440) and
(valor_fase<=1800)) then valor:=clYellow
else
if ((valor_fase>1800) and
(valor_fase<=2160)) then valor:=clBlue
else
if ((valor_fase>2160) and
(valor_fase<=2520)) then valor:=clRed
else
if ((valor_fase>2520) and
(valor_fase<=2880)) then valor:=clYellow
else
if ((valor_fase>2880) and
(valor_fase<=3240)) then valor:=clBlue
else
if ((valor_fase>3240) and
(valor_fase<=3600)) then valor:=clRed
else
if ((valor_fase>3600) and
(valor_fase<=3960)) then valor:=clYellow
else
if ((valor_fase>3960) and
(valor_fase<=4320)) then valor:=clBlue
else
if ((valor_fase>4320) and
(valor_fase<=4680)) then valor:=clRed
else
if ((valor_fase>4680) and
(valor_fase<=5040)) then valor:=clYellow
else
if ((valor_fase>5040) and
(valor_fase<=5400)) then valor:=clBlue
else
if ((valor_fase>5400) and
(valor_fase<=5760)) then valor:=clRed
else
if ((valor_fase>5760) and
(valor_fase<=6120)) then valor:=clYellow
else
if ((valor_fase>6120) and
(valor_fase<=6480)) then valor:=clBlue
else
if ((valor_fase>6480) and
(valor_fase<=6840)) then valor:=clRed
else
valor:=clWhite;
Pixels[3*x,y]:=valor;
Pixels[3*x+1,y]:=valor;
Pixels[3*x+2,y]:=valor;
end;
end;
Imagem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
Imagem2.Picture.BitMap:=MyBitMap;
BitMap2:=Imagem2.Picture.BitMap;
CloseFile(f1);
If MessageDlgPos('Guardar Im-
agem?',mtInformation,[mbYes,mbNo],0,600,200)=mrYes then

```

```

begin
    SaveDia-
    log1.InitialDir:='c:\hgasa\figuras';
    SaveDia-
    log1.DefaultExt:='bmp';
    SaveDia-
    log1.FileName:='';
    If SaveDia-
    log1.Execute then
        begin
            If SaveDia-
            log1.FileName<>' then
                begin
                    Ima-
                    gem1.Picture.SaveToFile(SaveDialog1.Fi
                    leName);

                    end;
                end;
            cursor_ant:=0;
            Calcula_Alturas(Ficheiro);
        end;
    end;

procedure TProcI-
mag.Calcula_Alturas(nomef:string);
const
    L=1220;
    D=770;
    k=100.0/60.0;
    Tref=250;

{
    L=1100.0;
    D=500.0;
    k=100.0/67.0;
}
type
    alt= record
        h : integer;
        y : integer;
    end;

var x,y,y1,yf,ymin,ymax:integer;
    franja:integer;
    factor_escala,df:real;
    h,h1,fase:array[0..192,0..511] of
    integer;
    referencia:array[0..511] of
    integer;
    ref_corrigida:array[1..20] of
    integer;
    j,ya,min,dif,soma,numPontos,valor_fase
    ,col,lin,altmin,altmax:integer;
    valor_sup,valor_inf,apont_sup,apont_inf
    f,apont:integer;
    f:file of integer;
    s:string;
    valor:TColor;
    altura:array[0..192,0..511] of
    alt;
    hord:array[0..511] of integer;
begin
    // Le fases do ficheiro *.fas
    respectivo
        Ficheiro:=nomef;
    s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-
    4);
    s:=s+'.fas';
    AssignFile(f,s);
    Reset(f);
    for x:=0 to 192 do
        begin
            for y:=0 to 511 do
                begin
                    Read(f,fase[x,y]);
                end;
            end;
        end;
    CloseFile(f);
    // calculo da referência
    for y:=0 to 511 do referen-
    cia[y]:=0;
    j:=1;
    for franja:=num_franja_ref downto
    1 do
        begin
            begin
                referencia[franja:=ref[franja]]:=360*j;
                j:=j+1;
            end;
            end;
            y:=0;
            while (referencia[y]=0) do y:=y+1;
            apont_inf:=y;
            valor_inf:=referencia[y];
            y:=y+1;
            while (y<512) do
                begin
                    while ((referencia[y]=0) and (y<512)) do
                        y:=y+1;
                    if (referencia[y]<>0) then
                        begin
                            apont_sup:=y;
                            valor_sup:=referencia[y];
                            df:=(valor_sup - valor_inf)/(apont_sup -
                            apont_inf);
                            for apont:=apont_inf+1 to apont_sup-1 do
                                begin
                                    referen-
                                    cia[apont]:=round(referencia[apont_inf]+(apont-
                                    apont_inf)*df);
                                end;
                                apont_inf:=apont_sup;
                                valor_inf:=valor_sup;
                            end;
                            y:=y+1;
                        end;
                    end;
                    // Calcula a distribuicao de alturas
                    for x:=0 to 192 do
                        begin
                            // Determina alturas e os respectivos valores
                            de y
                                for y:=0 to 511 do
                                    begin
                                        if (fase[x,y]<>0) then
                                            begin
                                                min:=30000;
                                                ya:=0;
                                                for j:=0 to 511 do
                                                    begin
                                                        if (referencia[j]<>0) then
                                                            begin
                                                                dif:=abs(fase[x,y]-
                                                                referencia[j]);
                                                                if (dif<min) then
                                                                    begin
                                                                        min:=dif;
                                                                        ya:=j;
                                                                    end;
                                                                end;
                                                            end;
                                                        end;
                                                    end;
                                                    altura[x,y].h:=round((L*k*(y-
                                                    ya))/(D+k*(y-ya)));
                                                    altura[x,y].y:=y;//round(y -(y-
                                                    255)*(altura[x,y].h/L));
                                                    end
                                                    else
                                                        begin
                                                            altura[x,y].h:=99999;
                                                            altura[x,y].y:=y;
                                                        end;
                                                    end;
                                                end;
                                                {
                                                    // controlo o array hord ordenado em alturas
                                                    segundo o
                                                    eixo dos yy
                                                    // mantendo os valores 99999
                                                    for y:=0 to 511 do hord[y]:=99999;
                                                    for y:=0 to 511 do
                                                        begin
                                                            if altura[x,y].h < 99999 then
                                                                hord[altura[x,y].y]:=altura[x,y].h
                                                            else
                                                                hord[y]:=99999;
                                                            end;
                                                            // descobre o valor de y do primeiro ponto à
                                                            esquerda com altura
                                                            // diferente de 99999
                                                            y:=0;
                                                            while (hord[y]=99999) do y:=y+1;
                                                            ymin:=y;
                                                            // descobre o valor de y do primeiro ponto à
                                                            direita com altura
                                                            // diferente de 99999
                                                            y:=511;
                                                            while (hord[y]=99999) do y:=y-1;
                                                            ymax:=y;
                                                            // interpola o valor das alturas em pontos nao
                                                            definidos entre

```

```

// ymin e ymax
y:=ymin;
while (y<ymax) do
begin
  while ((hord[y]<>99999)
and (y<ymax)) do y:=y+1;
  yi:=y-1;
  while ((hord[y]=99999)
and (y<ymax)) do y:=y+1;
  yf:=y;
  if (yf>y) then
  begin
    for y:=yi+1 to yf-
1 do
      begin
        hord[y]:=round(hord[yi]+(y-
yi)*(hord[yf]-hord[yi])/(yf-yi));
      end;
    y:=yf;
  end;
}
// Passa as alturas para o
array hl
for y:=0 to 511 do
hl[x,y]:=altura[x,y].h; //hord[y];
end;
{
  altmin:=60000;
  altmax:=0;
  for x:=0 to 192 do
  begin
    for y:=0 to 511 do
    begin
      if hl[x,y]<>99999 then
      begin
        if hl[x,y]>altmax
then altmax:=hl[x,y];
        if hl[x,y]<altmin
then altmin:=hl[x,y];
      end;
    end;
  end;
  //ajusta valor maximo das alturas
para 150
for x:=0 to 192 do
begin
  for y:=0 to 511 do
  begin
    if (hl[x,y]<>99999) then
    hl[x,y]:=round(hl[x,y]*150/altmax);
  end;
  altmin:=round(altmin*150/altmax);
  // se valor minimo inferior a 30
ajusta o valor minimo
if (altmin<10) then
begin
  for x:=0 to 192 do
  begin
    for y:=0 to 511 do
    begin
      if (hl[x,y]<>99999)
then hl[x,y]:=round(hl[x,y]+(10-
altmin));
    end;
  end;
end;
}

// smooth das alturas
for x:=0 to 2 do
for y:=0 to 511 do
h[x,y]:=hl[x,y];
for x:=190 to 192 do
for y:=0 to 511 do
h[x,y]:=hl[x,y];
for x:=3 to 189 do
begin
  for y:=3 to 508 do
  begin
    if (hl[x,y]<>99999)
then
      begin
        numontos:=0;
        soma:=0;
        h[x,y]:=hl[x,y];
        for col:=x-3 to
x+3 do
          begin
            for lin:=y-3 to y+3 do
            begin
              if (hl[col,lin]<>99999)
then
                begin
                  numpon-
numpon+1;
                  soma:=soma+hl[col,lin];
                end;
            end;
          end;
          if (numontos>0) then
            h[x,y]:=round(soma/numontos);
          end;
        end;
        else h[x,y]:=99999;
      end;
    end;
  end;
}

// representação das alturas em código de cores
with MyBitMap.Canvas do
begin
  for x:=0 to 192 do
  begin
    for y:=0 to 511 do
    begin
      if (h[x,y]=99999) then
      begin
        Pixels[3*x,y]:=clBlack;
        Pixels[3*x+1,y]:=clBlack;
        Pixels[3*x+2,y]:=clBlack;
      end
      else
      begin
        valor_fase:=h[x,y];

        if odd(valor_fase div 5)
then valor:=clRed else valor:=clBlue;
        Pixels[3*x,y]:=valor;
        Pixels[3*x+1,y]:=valor;
        Pixels[3*x+2,y]:=valor;
      end;
    end;
  end;
end;
end;
end;
Image1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
Image1.Refresh;

// guarda as alturas calculadas
s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-4);
s:=s+'.alt';
AssignFile(f,s);
Rewrite(f);
for x:=0 to 192 do
begin
  for y:=0 to 511 do
  begin
    Write(f,h[x,y]);
  end;
end;
CloseFile(f);
If MessageDlgPos('Guarda Ima-
gem?',mtInformation,[mbYes,mbNo],0,600,200)=mrYes then
begin
  SaveDia-
log1.InitialDir:='c:\hgasa\figuras';
SaveDialog1.DefaultExt:='.bmp';
SaveDialog1.FileName:='';
If SaveDialog1.Execute then
Begin
  If SaveDialog1.FileName<>' ' then
  begin
    ima-
gem1.Picture.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
  end;
end;
end;
Image1.Visible:=False;

procedure TProcImag.Image1MouseMove(Sender: TObject;
Shift: TShiftState;
X, Y: Integer);
var i,j,x1,x2,y1,y2:integer;
begin
  if ((IniDrag) and (flag_altura=1)) then
  begin
    if (x>xdrini) then

```

```

begin
    x1:=xdrini;
    x2:=x;
end
else
begin
    x1:=x;
    x2:=xdrini;
end;
if (y>ydrini) then
begin
    y1:=ydrini;
    y2:=y;
end
else
begin
    y1:=y;
    y2:=ydrini;
end;
with MyBitmap.Canvas do
begin
    for i:=x1 to x2 do
    for j:=y1 to y2 do
    begin
        Pix-
els[i,j]:=Bitmap2.Canvas.Pixels[i,j];
    end;
    end;
    Ima-
gem1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
    Image1.Refresh;
end;
end;

procedure TProcI-
mag1.Image1MouseDown(Sender: TObject;
Button: TMouseButton;
Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
    if ((IniDrag) and
(flag_altura=1)) then
    begin
        IniDrag:=False;
        xdrfm:=x;
        ydrfm:=y;
    end;
end;

procedure TProcI-
mag1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
    with OpenFileDialog do
    begin
        DefaultExt:='*.dat';
        Filter:= 'Data files (*.dat)|*.dat';
        (*.dat)|*.dat';
        Filename:='';
        InitialDir:=diretorio;
    end;
    if (OpenDialog1.Execute) then
    begin
        if OpenDialog1.FileName<>''
then
            begin
                FileNameCortes:=
Copy(OpenDialog1.FileName,1,Length(OpenDialog1.FileName)-4);
                VeCor-
tes.Disp_Cortes.ShowModal;
            end;
        end;
    end;

procedure TProcI-
mag1.Button6Click(Sender: TObject);
begin
    with OpenFileDialog do
    begin
        DefaultExt:='*.alt';
        Filter:= 'Alt files (*.alt)|*.alt';
        Filename:='';
        InitialDir:=diretorio;
    end;
    if (OpenDialog1.Execute) then
    begin
        if OpenDialog1.FileName<>''
then
            begin
                FileNameGra3D:= OpenDia-
log1.FileName;
                Hid-
denF.HiddenForm.ShowModal;
            end;
        end;
    end;

end;
end;

procedure TProcImag.Button7Click(Sender: TObject);
var
    f: file of byte;
    valor:byte;
    x,y:integer;
begin
    with OpenFileDialog do
    begin
        DefaultExt:='*.dat';
        Filter:= 'Data files (*.dat)|*.dat';
        Filename:='';
        InitialDir:=diretorio;
    end;
    if (OpenDialog1.Execute) then
    begin
        if OpenDialog1.FileName<>'' then
        begin
            Image1.Visible:=True;
            MyBitmap.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
            MyBitmap.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
            Image1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
            AssignFile(f,OpenDialog1.FileName);
            Reset(f);
            with MyBitmap.Canvas do
            begin
                for x:=0 to 192 do
                begin
                    for y:=0 to 511 do
                    begin
                        Read(f,valor);
                        Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                        Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                        Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                    end;
                end;
            end;
            CloseFile(f);
            Image1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
            if MessageDlgPos('Guardar Imagem?',mtInformation,[mbYes,mbNo],0,600,100)= mrYes then
            begin
                SaveDia-
log1.InitialDir:='c:\hgasa\figuras';
                SaveDialog1.DefaultExt:='*.bmp';
                SaveDialog1.FileName:='';
                If SaveDialog1.Execute then
                begin
                    If SaveDialog1.FileName<>'' then
                    begin
                        Ima-
gem1.Picture.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
                    end;
                end;
            end;
            Image1.Visible:=False;
        end;
    end;
end;

procedure TProcImag.Button4Click(Sender: TObject);
var
    f: file of byte;
    valor,num_franja: byte;
    x,y:integer;
    s:string;
    cor:Tcolor;
begin
    with OpenFileDialog do
    begin
        DefaultExt:='*.dat';
        Filter:= 'Data files (*.dat)|*.dat';
        Filename:='';
        InitialDir:=diretorio;
    end;
    if (OpenDialog1.Execute) then
    begin
        if OpenDialog1.FileName <> '' then
        begin
            button1.visible:=false;
            button3.visible:=false;
            button4.visible:=false;
            button5.visible:=false;
            button6.visible:=false;
            button7.visible:=false;
            flag_altura:=1;
            Ficheiro:=OpenDialog1.FileName;
            AssignFile(f,OpenDialog1.FileName);

```

```

Reset(f);
With MyBitmap.Canvas do
begin
    for x:=0 to 192 do
        begin
            for y:=0 to 511
                begin
do
                    begin
Read(f,valor);

Imag1[x,y]:=valor;

Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

With
Bitmap2.Canvas do
begin

Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

end;
With
Bitmap4.Canvas do
begin

Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

end;
if (x<61)
begin
With
Bitmap3.Canvas do
begin

Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;

end;
end;
end;
end;
end;
CloseFile(f);
Ima-
gem1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
Image1.Visible:=True;
Ima-
gem2.Picture.Bitmap:=Bitmap2;
Scrollbar2.Position:=0;
Scrollbar2.Visible:=true;
end;

s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-4);
s:=s+'.frj';
AssignFile(f,s);
Reset(f);
for x:=0 to 192 do
begin
    for y:=0 to 511 do
        begin
            Read(f,Imag1[x,y]);
        end;
    end;
if not eof(f) then
begin
    read(f,num_franja);
end
else
    num_franja:=16;
CloseFile(f);

```

```

Label2.Visible:=true;
Edit2.Text:=inttostr(num_franja);
Edit2.Visible:=true;
Label1.Visible:=true;
Edit1.Text:='1';
Edit1.Visible:=true;
with MyBitmap.Canvas do
begin
    for x:=0 to 192 do
        begin
            for y:=0 to 511 do
                begin
                    if Imag1[x,y]<>255 then
                        begin
                            cor:=Cores[Imag1[x,y]];
                            Pixels[3*x,y]:= cor;
                            Pixels[3*x+1,y]:= cor;
                            Pixels[3*x+2,y]:= cor;
                        end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
        Image1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
        Image1.Refresh;
        with Bitmap4.Canvas do
            begin
                for x:=0 to 192 do
                    begin
                        for y:=0 to 511 do
                            begin
                                if Imag1[x,y]<>255 then
                                    begin
                                        cor:=Cores[Imag1[x,y]];
                                        Pixels[3*x,y]:= cor;
                                        Pixels[3*x+1,y]:= cor;
                                        Pixels[3*x+2,y]:= cor;
                                    end;
                                end;
                            end;
                        end;
                    end;
                end;
                Image4.Picture.Bitmap:=Bitmap4;
                Image4.Refresh;
                with Bitmap3.Canvas do
                    begin
                        for x:=0 to 59 do
                            begin
                                for y:=0 to 511 do
                                    begin
                                        if Imag1[x,y]<>255 then
                                            begin
                                                cor:=Cores[Imag1[x,y]];
                                                Pixels[3*x,y]:= cor;
                                                Pixels[3*x+1,y]:= cor;
                                                Pixels[3*x+2,y]:= cor;
                                            end;
                                        end;
                                    end;
                                end;
                            end;
                        end;
                    end;
                Image3.Picture.Bitmap:=Bitmap3;
                Image3.Refresh;
                Image3.Visible:=True;
            end;
        end;
    end;
end;

procedure TProcImag.ScrollBar2Change(Sender: TObject);
var
    desl:integer;
    x,y,dy:integer;
begin
    desl:=scrollbar2.position;
    if (desl <> desl_ant) then
        begin
            with MyBitmap.canvas do
                begin
                    for x:=0 to 192 do
                        begin
                            dy:=round(x*desl/193);
                            if (dy<>0) then
                                begin
                                    for y:=0 to 511 do
                                        begin
                                            Pixels[3*x,y]:= Ima-
gem4.Canvas.Pixels[3*x,y+dy];
                                            Pixels[3*x+1,y]:= Ima-
gem4.Canvas.Pixels[3*x+1,y+dy];
                                            Pixels[3*x+2,y]:= Ima-
gem4.Canvas.Pixels[3*x+2,y+dy];
                                        end;
                                    end;
                                end;
                            end;
                        end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
end;

```



```

end;
desl_ant:=desl;
Ima-
gem1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
Imagem1.Refresh;
end;
end;

end.

unit prprocl;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils,
  Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;

type
  Imagem = Array [0..192,0..511] of
  byte;
  ArrByte = Array [0..511] of byte;
  ArrInt = Array [0..511] of integer;
  ArrReal = Array [0..511] of real;
  ArrCores = Array [1..20] of TColor;

  TProcImag = class(TForm)
  Button1: TButton;
  OpenDialog1: TOpenDialog;
  Imagem1: TImage;
  Button2: TButton;
  Edit1: TEdit;
  Label1: TLabel;
  Button3: TButton;
  Imagem2: TImage;
  Button5: TButton;
  Button6: TButton;
  Button7: TButton;
  Edit2: TEdit;
  Label2: TLabel;
  Button4: TButton;
  Imagem3: TImage;
  ScrollBar2: TScrollBar;
  Imagem4: TImage;
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  procedure Button1Click(Sender:
  TObject);
  procedure FormDestroy(Sender:
  TObject);
  procedure Imagem1MouseDown(Sender:
  TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y:
  Integer);
  procedure Button2Click(Sender:
  TObject);
  procedure FormCreate(Sender:
  TObject);
  procedure Button3Click(Sender:
  TObject);
  procedure Imagem1MouseMove(Sender:
  TObject; Shift: TShiftState; X,
  Y: Integer);

  procedure Imagem1MouseUp(Sender:
  TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y:
  Integer);
  procedure Button5Click(Sender:
  TObject);
  procedure Button6Click(Sender:
  TObject);
  procedure Button7Click(Sender:
  TObject);

  procedure Button4Click(Sender:
  TObject);
  procedure ScrollBar2Change(Sender:
  TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
    procedure Cal-
    cula_Fases(s:string);
    procedure Cal-
    cula_Alturas(nomef:string);
  end;

```

```

var
  ProcImag: TProcImag;
  IniDrag:Boolean;

implementation

{$R *.DPM}

uses VeCortes,HiddenF;

var
  Imag1:Imagem;
  MyBitmap,BitMap2,BitMap3,BitMap4:Tbitmap;
  Ficheiro:string;
  Cores:ArrCores;
  Cursor_ant,Desl_ant:integer;
  xdrini,ydrini,xdrfim,ydrfim:integer;
  flag_altura:byte;
  franjas_ref:array[1..20] of integer;
  num_franja_ref:byte;

const
  directorio='c:\hgsa\calibracao\imagens';
  procedure TProcImag.Button1Click(Sender: TObject);
  var
    f: file of byte;
    valor: byte;
    x,y:integer;
  begin
    With OpenDialog1 do
    begin
      DefaultExt:='.dat';
      Filter:='Data files (*.dat)|*.dat';
      Filename:='';
      InitialDir:=directorio;
    end;
    if (OpenDialog1.Execute) then
    begin
      If OpenDialog1.Filename <> '' then
      begin
        button1.Visible:=false;
        button3.Visible:=false;
        button4.Visible:=false;
        button5.Visible:=false;
        button6.Visible:=false;

        button7.Visible:=false;
        flag_altura:=1;
        Label1.Visible:=true;
        Edit1.Text:='1';
        Edit1.Visible:=true;
        Label2.Visible:=true;
        Edit2.Text:='16';
        Edit2.Visible:=true;
        Ficheiro:=OpenDialog1.FileName;
        AssignFile(f,OpenDialog1.FileName);
        Reset(f);
        With MyBitmap.Canvas do
        begin
          for x:=0 to 192 do
          begin
            for y:=0 to 511 do
            begin
              Read(f,valor);
              Imag1[x,y]:=valor;

              Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
              Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
              Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
              With BitMap2.Canvas do
              begin
                Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
              end;
            end;
          end;
        end;
        CloseFile(f);
        Imagem1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
        Imagem1.Visible:=True;
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

procedure TProc1-
mag.FormDestroy(Sender: TObject);
begin
  If MyBitmap <> nil then
    MyBitmap.FreeImage;
  If BitMap2 <> nil then
    BitMap2.FreeImage;
  If BitMap3 <> nil then
    BitMap3.FreeImage;

  If BitMap4 <> nil then
    BitMap4.FreeImage;
end;

procedure TProc1-
mag.Image1MouseDown(Sender: TObject;
Button: TMouseButton;
Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
var
  x2,y2,xcont,ycont,ys,i:integer;
  cor,dif,difl:Tcolor;

begin
  If (Button=mbLeft) then
    begin
      if (flag_altura=1) then
        begin
          IniDrag:=True;
          if (x<3) then x:=0;
          xdrini:=x;
          ydrini:=y;
          With MyBitmap.Canvas do
            begin
              Pen.Color:=
Cores[StrToInt(Edit1.Text)];
              Move-
To(xdrini,ydrini);
              Pi-
xels[xdrini,ydrini]:=Pen.Color;
            end;
            Ima-
gem1.Picture.Bitmap:=MyBitmap;
            end;
            If Button=mbRight then
              begin
                if (flag_altura=1) then
                  begin
                    if (x>576) then
                      x:=578;
                      x2:=x;
                      y2:=y;
                      If ssShift in Shift
                        then
                          begin
                            With MyBit-
Map.Canvas do
                              begin
                                Pen.Color:=Cores[StrToInt(Edit1.Text)];
                                ;
                                Line-
To(x2,y2);
                                end;
                                else
                                  begin
                                    with MyBit-
Map.Canvas do
                                      begin
                                        Cor:=Pixels[xdrini,ydrini];
                                        Pen.Color:=Cores[StrToInt(Edit1.Text)];
                                        ;
                                        xcont:=xdrini+1;
                                        ycont:=ydrini;
                                        while
                                        (xcont<=x2) do
                                          begin
                                            dif:=clwhite;
                                            ys:=ycont;
                                            i:=ycont-1 to ycont+1 do
                                              for
                                              difl:= Pixels[xcont,i] - cor ;

```

```

Franjas_ref[5]:=360;
Franjas_ref[6]:=337;
Franjas_ref[7]:=315;
Franjas_ref[8]:=287;
Franjas_ref[9]:=260;
Franjas_ref[10]:=235;
Franjas_ref[11]:=207;
Franjas_ref[12]:=177;
Franjas_ref[13]:=146;
Franjas_ref[14]:=116;
Franjas_ref[15]:=82;
Franjas_ref[16]:=46;
Franjas_ref[17]:=12;

Franjas_ref[1]:=403;
Franjas_ref[2]:=380;
Franjas_ref[3]:=356;
Franjas_ref[4]:=332;

Franjas_ref[5]:=308;
Franjas_ref[6]:=284;
Franjas_ref[7]:=260;
Franjas_ref[8]:=235;
Franjas_ref[9]:=209;
Franjas_ref[10]:=183;
Franjas_ref[11]:=155;
Franjas_ref[12]:=127;
Franjas_ref[13]:=97;
Franjas_ref[14]:=68;
Franjas_ref[15]:=37;

Cores[1]:=clRed;
Cores[2]:=clYellow;
Cores[3]:= $008080ff;
Cores[4]:= $00ffff80;
Cores[5]:= clFuchsia;
Cores[6]:= $0080ffff;
Cores[7]:= clLime;
Cores[8]:= $00ff40ff;
Cores[9]:= $0080ff80;
Cores[10]:= $0040ffff;
Cores[11]:= $008000ff;
Cores[12]:= $000080ff;
Cores[13]:= $00ffff00;
Cores[14]:= $00c0ffff;
Cores[15]:= $00ff00ff;
Cores[16]:= $00ff00c0;
Cores[17]:= $00c040ff;
Cores[18]:= $0040ff00;
Cores[19]:= $00ff0040;
Cores[20]:= $00ff40c0;
IniDrag:=False;
MyBitMap:=TBitMap.Create;
BitMap2:=TBitMap.Create;
BitMap3:=TBitMap.Create;
BitMap4:=TBitMap.Create;
Imagem1.Width:=579;
Imagem1.Height:=512;
Imagem1.Left:=10;
Imagem1.Top:=10;
Imagem1.Visible:=False;
MyBitMap.Width:=579;
MyBitMap.Height:=512;
MyBit-
Map.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
MyBit-
Map.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
Imagem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
Imagem2.Width:=579;
Imagem2.Height:=512;
Imagem2.Left:=10;
Imagem2.Top:=10;
BitMap2.Width:=579;
BitMap2.Height:=512;
Bit-
Map2.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
Bit-
Map2.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
Imagem2.Visible:=false;
Imagem2.Picture.BitMap:=BitMap2;
Imagem3.Width:=181;
Imagem3.Height:=512;
Ima-
gem3.Left:=Imagem1.Left+Imagem1.Width;

Imagem3.Top:=Imagem1.Top;
BitMap3.Width:=181;
BitMap3.Height:=512;
Bit-
Map3.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
Bit-
Map3.Canvas.Rectangle(0,0,180,511);
Imagem3.Visible:=false;
Imagem3.Picture.BitMap:=BitMap3;
Imagem4.Width:=579;

Imagem4.Height:=512;
Imagem4.Left:=10;
Imagem4.Top:=10;
BitMap4.Width:=579;
BitMap4.Height:=512;
BitMap4.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
BitMap4.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
Imagem4.Visible:=false;
Imagem4.Picture.BitMap:=BitMap4;
ScrollBar2.Visible:=false;
cursor_ant:=0;
end;

procedure TProcImag.Calcula_Fases(s:string);
var
x,y,apont,apont_inf,apont_sup,valor_inf,valor_sup:integer;
df:extended;
fase:array[0..511] of integer;
franjass:array[0..511] of byte;
f:file of byte;
fl:file of integer;
sl:string;
begin
AssignFile(f,s);
sl:=Copy(s,1,length(s)-4);
sl:=sl+'.fas';
AssignFile(fl,sl);
Rewrite(fl);
Reset(f);
for x:=0 to 192 do
begin
// le as franjas nessa coluna
for y:=0 to 511 do
begin
read(f,franjass[y]);
end;
// constroi as fases
for y:=0 to 511 do
begin
if franjass[y]<> 255 then
fase[y]:=360*franjass[y] else fase[y]:=0;
end;
y:=0;
while (fase[y]=0) do y:=y+1;
apont_inf:=y;
valor_inf:=fase[y];
y:=y+1;
while (y<512) do
begin
while ((fase[y]=0) and (y<512)) do y:=y+1;
if ((fase[y]<>0) and (y<512)) then
begin
apont_sup:=y;
valor_sup:=fase[y];
df:=(valor_sup - valor_inf)/(apont_sup -
apont_inf);
for apont:=apont_inf+1 to apont_sup-1 do
begin
fase[apont]:=round(fase[apont_inf]+(apont-apont_inf)*df);
end;
apont_inf:=apont_sup;
valor_inf:=valor_sup;
end;
y:=y+1;
end;
for y:=0 to 511 do write(fl,fase[y]);
end;
CloseFile(f);
CloseFile(fl);
end;

procedure TProcImag.Button3Click(Sender: TObject);
var
f: file of byte;
fl:file of integer;
val: byte;
x,y:integer;
valor_fase:integer;
valor:TColor;
s:string;
begin
flag_altura:=3;
cursor_ant:=0;
With OpenFileDialog1 do
begin
DefaultExt:='.frj';

```

```

        Filter:= 'frj
Files(*.frj)|*.frj';
Filename:='';
InitialDir:=diretorio;
end;
if (OpenDialog1.Execute) then
begin
    If OpenDialog1.Filename <> ''
    then
        begin
            Ficheiro:=OpenDialog1.Filename;
            Image1.Visible:=True;
            MyBit-
            Map.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
            MyBit-
            Map.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
            Ima-
            gem1.Picture.Bitmap:=MyBitMap;
            Assign-
            File(f,OpenDialog1.Filename);
            Reset(f);
            With MyBitMap.Canvas do
            begin
                for x:=0 to 192 do
                begin
                    for y:=0 to 511
                    do
                        begin
                            Read(f,val);

                            Image1[x,y]:=val;

                            Pixels[3*x,y]:=500000000+65536*val+256
                            *val+val;

                            Pixels[3*x+1,y]:=500000000+65536*val+2
                            56*val+val;

                            Pixels[3*x+2,y]:=500000000+65536*val+2
                            56*val+val;

                            end;
                        end;
                        Read(f,num_franja_ref);
                        CloseFile(f);
                        Ima-
                        gem1.Picture.Bitmap:=MyBitMap;
                        end;

//MessageDlgPos('Continuar',mtInformat
ion,[mbOK],0,600,200);
    Calcula_Fases(Ficheiro);

s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-
4);
    s:=s+'.fas';
    AssignFile(fl,s);
    Reset(fl);
    With MyBitMap.Canvas do
    begin
        for x:=0 to 192 do
        begin
            for y:=0 to 511 do
            begin
                Read(fl,valor_fase);
                if
                (valor_fase<=0) then valor:=clBlack
                else
                if
                ((valor_fase>0) and (valor_fase<=360))
                then valor:=clRed
                else
                if
                ((valor_fase>360) and
                (valor_fase<=720)) then
                valor:=clYellow
                else
                if
                ((valor_fase>720) and
                (valor_fase<=1080)) then valor:=clBlue
                else
                if
                ((valor_fase>1080) and
                (valor_fase<=1440)) then valor:=clRed
                else
                if
                ((valor_fase>1440) and
                (valor_fase<=1800)) then
                valor:=clYellow
                else
                if ((valor_fase>1800) and
                (valor_fase<=2160)) then valor:=clBlue
                else
                if ((valor_fase>2160) and
                (valor_fase<=2520)) then valor:=clRed
                else
                if ((valor_fase>2520) and
                (valor_fase<=2880)) then valor:=clYellow
                else
                if ((valor_fase>2880) and
                (valor_fase<=3240)) then valor:=clBlue
                else
                if ((valor_fase>3240) and
                (valor_fase<=3600)) then valor:=clRed
                else
                if ((valor_fase>3600) and
                (valor_fase<=3960)) then valor:=clYellow
                else
                if ((valor_fase>3960) and
                (valor_fase<=4320)) then valor:=clBlue
                else
                if ((valor_fase>4320) and
                (valor_fase<=4680)) then valor:=clRed
                else
                if ((valor_fase>4680) and
                (valor_fase<=5040)) then valor:=clYellow
                else
                if ((valor_fase>5040) and
                (valor_fase<=5400)) then valor:=clBlue
                else
                if ((valor_fase>5400) and
                (valor_fase<=5760)) then valor:=clRed
                else
                if ((valor_fase>5760) and
                (valor_fase<=6120)) then valor:=clYellow
                else
                if ((valor_fase>6120) and
                (valor_fase<=6480)) then valor:=clBlue
                else
                if ((valor_fase>6480) and
                (valor_fase<=6840)) then valor:=clRed
                else
                valor:=clWhite;
                Pixels[3*x,y]:=valor;
                Pixels[3*x+1,y]:=valor;
                Pixels[3*x+2,y]:=valor;
                end;
            end;
            end;
            Image1.Picture.Bitmap:=MyBitMap;
            Image2.Picture.Bitmap:=MyBitMap;
            BitMap2:=Image2.Picture.Bitmap;
            CloseFile(fl);
            If MessageDlgPos('Guardar Ima-
            gem?',mtInformation,[mbYes,mbNo],0,600,200)=mrYes then
            begin
                SaveDia-
                log1.InitialDir:='c:\hgsa\figuras';
                SaveDialog1.DefaultExt:='.bmp';
                SaveDialog1.Filename:='';
                If SaveDialog1.Execute then
                begin
                    If SaveDialog1.FileName<>' then
                    begin
                        Ima-
                        gem1.Picture.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
                        end;
                    end;
                    end;
                    cursor_ant:=0;
                    Calcula_Alturas(Ficheiro);

                    end;
                end;

procedure TProcImag.Calcula_Alturas(nomef:string);
const
    L=1220;
    D=770;
    k=100.0/60.0;
    Tref=250;
    L=1100.0;
    D=500.0;
    k=100.0/67.0;
]
type
    alt= record
        h : integer;
        y : integer;
    end;

var x,y,yi,yf,ymin,ymax:integer;
    franja:integer;

```

```

factor_escalas:df:real;
h,h1,fase:array[0..192,0..511] of
integer;
referencia:array[0..511] of
integer;
ref_corrigida:array[1..20] of
integer;

j,ya,min,dif,soma,numPontos,valor_fase
,col,lin,altmin,altmax:integer;

valor_sup,valor_inf,apont_sup,apont_inf
,f,apont:integer;
f:file of integer;
s:string;
valor:TColor;
altura:array[0..192,0..511] of
alt;
hord:array[0..511] of integer;
begin
    // Le fases do ficheiro *.fas
    respectivo
    Ficheiro:=nomef;

s:=Copy(Ficheiro,1,Length(Ficheiro)-
4);
s:=s+'.fas';
AssignFile(f,s);
Reset(f);
for x:=0 to 192 do
begin
    for y:=0 to 511 do
begin
        Read(f,fase[x,y]);
        end;
    end;
    CloseFile(f);
    // calculo da referencia
    for y:=0 to 511 do referen-
cia[y]:=0;
    j:=1;
    for franja:=num_franja_ref downto
1 do
begin
    begin
        referen-
cia[franja_ref[franja]]:=360*j;
        j:=j+1;
        end;
    end;
    y:=0;

    while (referencia[y]=0) do
y:=y+1;
apont_inf:=y;
valor_inf:=referencia[y];
y:=y+1;
while (y<512) do
begin
    while ((referencia[y]=0) and
(y<512)) do y:=y+1;
    if (referencia[y]<>0) then
begin
        apont_sup:=y;
        va-
lor_sup:=referencia[y];
        df:=(valor_sup -
valor_inf)/(apont_sup - apont_inf);
        for
apont:=apont_inf+1 to apont_sup-1 do
begin
            referen-
cia[apont]:=round(referencia[apont_inf
]+(apont-apont_inf)*df);
            end;
            apont_inf:=apont_sup;
            valor_inf:=valor_sup;
            end;
            y:=y+1;
        end;
        // Calcula a distribuicao de
alturas
        for x:=0 to 192 do
begin
            // Determina alturas e os
respectivos valores de y
            for y:=0 to 511 do
begin
                if (fase[x,y]<>0) then
begin
                    min:=30000;
                    ya:=0;
                    for j:=0 to 511 do
begin
                        if (referen-
cia[j]<>0) then
begin
                            dif:=abs(fase[x,y]-
referencia[j]);
                            if (dif<min) then
begin
                                min:=dif;
                                ya:=j;
                            end;
                        end;
                    end;
                    altura[x,y].h:=round((L*k*(y-
ya))/(D+k*(y-ya)));
                    altura[x,y].y:=y;//round(y -(y-
255)*(altura[x,y].h/L));
                    end
                    else
begin
                        altura[x,y].h:=99999;
                        altura[x,y].y:=y;
                    end;
                end;
                // controlo o array hord ordenado em alturas
segundo o eixo dos yy

                // mantendo os valores 99999
                for y:=0 to 511 do hord[y]:=99999;
                for y:=0 to 511 do
begin
                    if altura[x,y].h <> 99999 then
hord[altura[x,y].y]:=altura[x,y].h
                    else
hord[y]:=99999;
                    end;
                    // descobre o valor de y do primeiro ponto à
esquerda com altura
                    // diferente de 99999
                    y:=0;
                    while (hord[y]=99999) do y:=y+1;
                    ymin:=y;
                    // descobre o valor de y do primeiro ponto à
direita com altura
                    // diferente de 99999
                    y:=511;
                    while (hord[y]=99999) do y:=y-1;
                    ymax:=y;
                    // interpola o valor das alturas em pontos nao
definidos entre
                    // ymin e ymax
                    y:=ymin;
                    while (y<ymax) do
begin
                        while ((hord[y]<>99999) and (y<ymax)) do
y:=y+1;
                        yi:=y-1;
                        while ((hord[y]=99999) and (y<ymax)) do
y:=y+1;
                        yf:=y;
                        if (yf>yi) then
begin
                            for y:=yi+1 to yf-1 do
begin
                                hord[y]:=round(hord[yi]*(y-
yi)*((hord[yf]-hord[yi])/(yf-yi)));
                                end;
                            end;
                            y:=yf;
                        end;
                    end;
                    // Passa as alturas para o array h1
                    for y:=0 to 511 do h1[x,y]:=altura[x,y].h;
                    //hord[y];
                    end;
                    {
                    altmin:=60000;
                    altmax:=0;
                    for x:=0 to 192 do
begin
                        for y:=0 to 511 do
begin
                            if h1[x,y]<>99999 then
begin
                                altmax:=h1[x,y];
                                if h1[x,y]>altmax then
                                altmax:=h1[x,y];
                                min:=h1[x,y];
                                if h1[x,y]<altmin then alt-
min:=h1[x,y];
                                end;
                            end;
                        end;
                        //ajusta valor maximo das alturas para 150
                        for x:=0 to 192 do
begin
                            for y:=0 to 511 do

```

```

begin
    if (hl[x,y]<>99999) then
        hl[x,y]:=round(hl[x,y]*150/altmax);
    end;
end;
altmin:=round(altmin*150/altmax);
// se valor minimo inferior a 30
ajusta o valor minimo
if (altmin<10) then
begin
    for x:=0 to 192 do
        begin
            for y:=0 to 511 do
                begin
                    if (hl[x,y]<>99999)
then hl[x,y]:=round(hl[x,y]+(10-
altmin));
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;
// smooth das alturas

    for x:=0 to 2 do
        for y:=0 to 511 do
            h[x,y]:=hl[x,y];
        for x:=190 to 192 do
            for y:=0 to 511 do
                h[x,y]:=hl[x,y];
            for x:=3 to 189 do
                begin
                    for y:=3 to 508 do
                        begin
                            if (hl[x,y]<>99999)
then
                                begin
                                    numPontos:=0;
                                    soma:=0;
                                    hl[x,y]:=hl[x,y];
                                    for col:=x-3 to
x+3 do
                                        begin
                                            for lin:=y-3
to y+3 do
                                                begin
                                                    if
(hl[col,lin]<>99999) then
                                                        begin
                                                            numPontos:=numPontos+1;
                                                            soma:=soma+hl[col,lin];
                                                        end;
                                                    end;
                                                    if (numPontos>0)
then h[x,y]:=round(soma/numPontos);
                                                    end
                                                    else h[x,y]:=99999;
                                                    end;
                                                end;
                                            // representação das alturas
em código de cores
with MyBitMap.Canvas do
begin
                                for x:=0 to 192 do
                                    begin
                                        for y:=0 to 511 do
                                            begin
                                                if
(hl[x,y]=99999) then
                                                    begin
                                                        Pix-
els[3*x,y]:=clBlack;
                                                        Pix-
els[3*x+1,y]:=clBlack;
                                                        Pix-
els[3*x+2,y]:=clBlack;
                                                    end
                                                    else
begin
                                                        va-
lor_fase:=h[x,y];
                                                        if
odd(valor_fase div 5) then va-
lor:=clRed else valor:=clBlue;
                                                        Pixels[3*x,y]:=valor;
                                                        Pixels[3*x+1,y]:=valor;

```

```

begin
  With OpenFileDialog1 do
    Begin
      DefaultExt:='*.dat';
      Filter:='Data files
(*.dat)|*.dat';
      FileName:='';
      InitialDir:=directorio;
    end;
    if (OpenFileDialog1.Execute) then
    begin
      if OpenFileDialog1.FileName<>''
then
      begin
        FileNameCortes:=
Copy(OpenFileDialog1.FileName,1,Length(OpenFileDialog1.FileName)-4);
        VeCor:=
tes.Disp_Cortes.ShowModal;
      end;
    end;
  end;

procedure TProcI-
mag.Button6Click(Sender: TObject);
begin
  With OpenFileDialog1 do
    begin
      DefaultExt:='*.alt';
      Filter:='Alt files
(*.alt)|*.alt';
      FileName:='';
      InitialDir:=directorio;
    end;
    if (OpenFileDialog1.Execute) then
    begin
      if OpenFileDialog1.FileName<>''
then
      begin
        FileNameGraf3D:= OpenFileDialog1.FileName;
        Hid-
denF.HiddenForm.ShowModal;
      end;
    end;
  end;

procedure TProcI-
mag.Button7Click(Sender: TObject);
var
  f: file of byte;
  valor:byte;
  x,y:integer;
begin
  With OpenFileDialog1 do
    begin
      DefaultExt:='*.dat';
      Filter:='Data files
(*.dat)|*.dat';
      FileName:='';
      InitialDir:=directorio;
    end;
    if (OpenFileDialog1.Execute) then
    begin
      if OpenFileDialog1.FileName<>''
then
      begin
        Image1.Visible:=True;
        MyBit-
Map.Canvas.Brush.Color:=clBlack;
        MyBit-
Map.Canvas.Rectangle(0,0,578,511);
        Ima-
gem1.Picture.BitMap:=MyBitMap;
        Assign-
File(f,OpenFileDialog1.FileName);
        Reset(f);
        with MyBitMap.Canvas do
          begin
            for x:=0 to 192 do
              begin
                for y:=0 to 511
do
                begin
                  Read(f,valor);
                  Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                  Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                  Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                  With BitMap2.Canvas do
                    begin
                      Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                      Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                      Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                      end;
                      With BitMap4.Canvas do
                        begin
                          Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                          Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                          Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                          end;
                          if (x<61) then
                          begin
                            With BitMap3.Canvas do
                              begin
                                Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                                end;
                              end;
                            end;
                          end;
                        end;
                      end;
                    end;
                  end;
                end;
              end;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

procedure TProcImag.Button4Click(Sender: TObject);
var
  f: file of byte;
  valor,num_franja: byte;
  x,y:integer;
  s:string;
  cor:Tcolor;
begin
  With OpenFileDialog1 do
    begin
      DefaultExt:='*.dat';
      Filter:='Data files (*.dat)|*.dat';
      FileName:='';
      InitialDir:=directorio;
    end;
    if (OpenFileDialog1.Execute) then
    begin
      If OpenFileDialog1.FileName <> '' then
      begin
        button1.visible:=false;
        button3.visible:=false;
        button4.visible:=false;
        button5.visible:=false;
        button6.visible:=false;
        button7.visible:=false;
        flag_altura:=1;
        Ficheiro:=OpenFileDialog1.FileName;
        AssignFile(f,OpenFileDialog1.FileName);
        Reset(f);
        With MyBitMap.Canvas do
          begin
            for x:=0 to 192 do
              begin
                for y:=0 to 511 do
                  begin
                    Read(f,valor);
                    Image1[x,y]:=valor;
                    Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                    Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                    Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                    With BitMap2.Canvas do
                      begin
                        Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                        Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                        Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                        end;
                      With BitMap4.Canvas do
                        begin
                          Pixels[3*x,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                          Pixels[3*x+1,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                          Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                          end;
                          if (x<61) then
                          begin
                            With BitMap3.Canvas do
                              begin
                                Pixels[3*x+2,y]:=$00000000+65536*valor+256*valor+valor;
                                end;
                              end;
                            end;
                          end;
                        end;
                      end;
                    end;
                  end;
                end;
              end;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

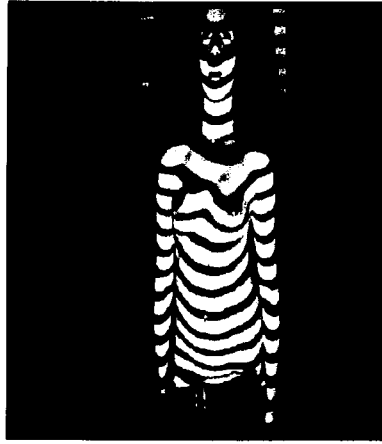
```


1. Índices de Assimetria Anterior e Posterior do Tronco no Plano Frontal

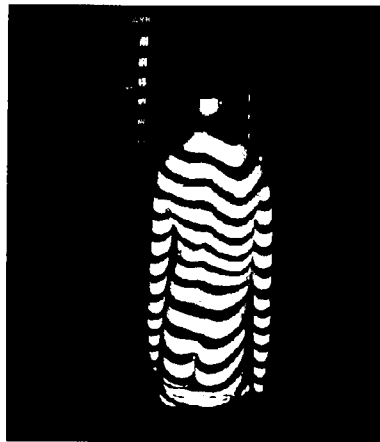
O índice de assimetria anterior do tronco no plano frontal (IAAF) é dado pela fórmula :

$$\text{IAAF} = \text{IAAF-Esterno(E)} + \text{IAAF-Mamilo(M)} = x/(a+b) \times 100 + |a-b|/(a+b) \times 100,$$

sendo "x" a distância entre a vertical que passa pelo umbigo e a fúrcula esternal, "a" a distância entre a vertical que passa pelo umbigo e o mamilo direito e "b" a distância entre a referida vertical e o mamilo esquerdo, Fig. 19 (a).



(a)



(b)

Figura 19: Marcadores de superfície colocados através do computador na superfície anterior do tronco (a) e posterior (b), com determinação automática do IAAF, IAPF e IAA.

O índice de assimetria posterior do tronco no plano frontal (IAPF) é dado pela fórmula:

$$\text{IAPF} = \text{IAPF-C7(C7)} + \text{IAPF-Axila(A)} + \text{IAPF-}$$

$$\text{Tronco(T)} = x'/(e+f) \times 100 + |e-f|/(e+f) \times 100 + |c-d|/(c+d) \times 100,$$

sendo “x” a distância entre a vertical que passa pelo sulco internadegueiro e a apófise espinhosa de C7, “c” a distância entre a vertical que passa pelo sulco internadegueiro e o flanco esquerdo, “d” a distância entre a referida vertical e o flanco direito, “e” a distância entre a referida vertical e a prega axilar posterior esquerda e “f” a distância entre a referida vertical e prega axilar posterior direita, Fig. 19 (b).

2. Índice de Assimetria em Altura

O índice de assimetria em altura do tronco (IAA) é dado pela fórmula:

$$\text{IAA} = \text{IAA-Ombro(O)} + \text{IAA-Axila(A)} + \text{IAA-Tronco(T)} = i/y \times 100 + h/y \times 100 + g/y \times 100,$$

sendo “y” a altura entre a apófise espinhosa de C7 e o início do sulco internadegueiro, “g” a altura entre o apex dos flancos, “h” a altura entre as pregas axilares e “i” a altura entre a vertical que passa por cada prega axilar e sua intersecção com a linha dos ombros, Fig. 19 (b).

3. Índice de Simetria do Tronco

O índice de simetria do tronco (IST) é definido como a soma dos 8 índices atrás descritos:

$$\text{IST} = [\text{IAAF(E)} + \text{IAAF(M)}] + [\text{IAPF(C7)} + \text{IAPF(A)} + \text{IAPF(T)}] + [\text{IAA(O)} + \text{IAA(A)} + \text{IAA(T)}]/3.$$

Estes índices são determinados automaticamente pelo computador, exigindo apenas a marcação nas imagens das faces anterior e posterior do tronco, dos pontos de referência. Como se trata de índices, os seus valores são independentes da escala utilizada e quantificam assimetrias em largura, altura e desvio lateral do tronco, na superfície anterior e posterior e não só posterior como outros Autores já descreveram^{24,35}.

4. Modelo Tridimensional do Tronco

O modelo do tronco além da sua tridimensionalidade pode ser visionado em várias perspectivas, Fig.20.

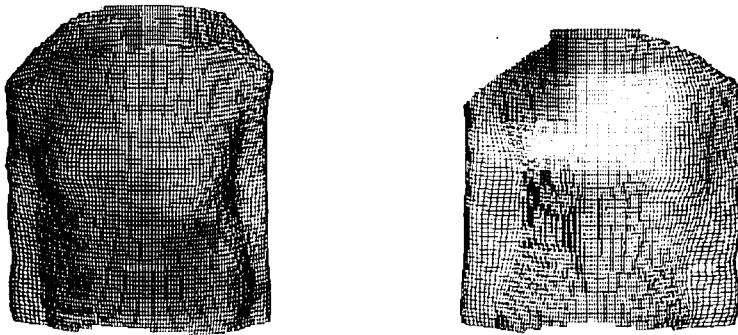


Figura 20: Representação 3D do tronco com vista anterior e posterior.

5. Cortes Transversais

Para qualquer altura do tronco é possível determinar cortes transversais do mesmo e para cada um destes cortes é ainda possível determinar, Fig. 21 e 22:

- O índice de assimetria transversal anterior (IATA),
- O índice de assimetria transversal posterior (IATP),
- O ângulo de rotação do tronco em (ART).

Para ser determinado e calculado qualquer um dos índices de assimetria transversal, seja o anterior seja o posterior são assinalados os pontos de maior e menor distância do corte transversal em causa, em relação à linha do centro de massa, quer para a sua metade posterior quer para a anterior e de seguida os seus valores são calculados pelo computador. Para evitar a influência da largura do tronco na determinação dos valores dos índices de assimetria trans-

versal, estes são calculados em função da distância da deformidade maior no plano transversal ao centro de massa.

No caso do IATP, Fig. 21, o seu cálculo é feito automaticamente pelo computador segundo a fórmula:

$$IATP = [(H1 - H2) / D] \times 10$$

e para o IATA, os cálculos são feitos da mesma maneira, só que na metade anterior do corte transversal.

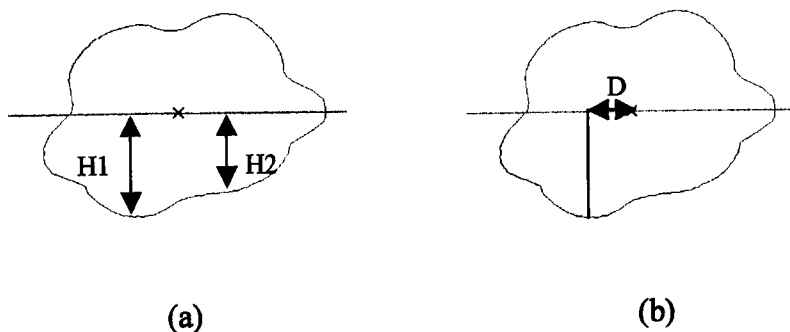


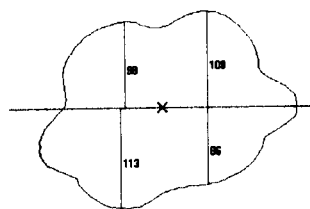
Figura 21: Determinação do IATP, sendo H1 e H2 as distâncias dos pontos mais e menos afastado respectivamente, da vertente posterior do corte transversal e D a distância da projecção de H1 na linha do centro de massa, ao centro de massa.



(a)

$$IATA = 44$$

$$IATP = 54$$



(b)

Figura 22: Localização do corte transversal do tronco (a) e determinação dos IATA e IATP (b).

O ângulo de rotação do tronco (ART) é o ângulo formado entre a perpendicular à linha do centro de massa e a linha que une este à parte média da superfície anterior do tronco, Fig. 23.

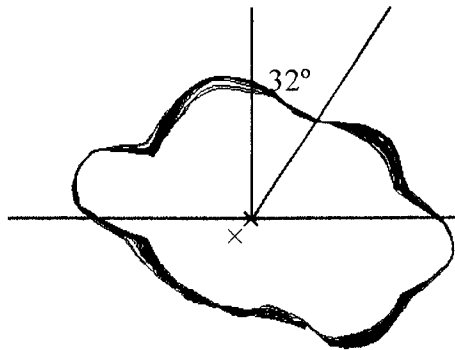
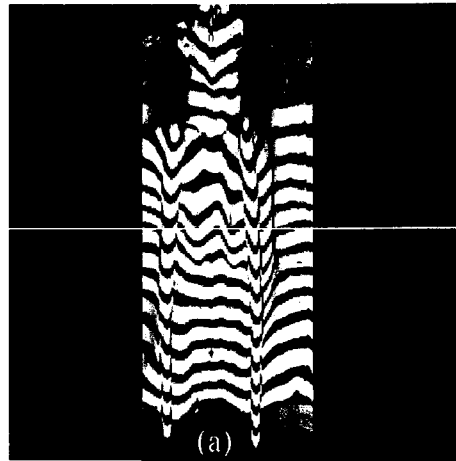


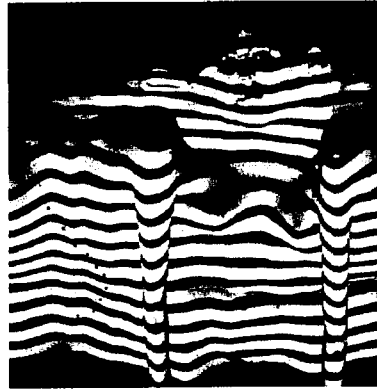
Figura 23: Localização do corte transversal do tronco (a) e determinação do ângulo de rotação do tronco (b).

6. **Ângulos de Cobb de Superfície (Cifose, Lordose e Escoliose)**
Para a obtenção destes valores angulares correspondentes aos

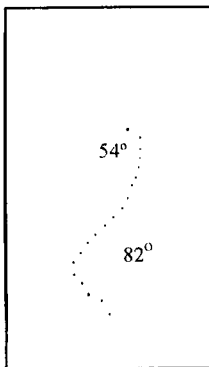
radiográficos e que também são determinados automaticamente, é necessário marcar previamente na superfície do tronco as apófises espinhosas de C7 a S1. Essa marcação é feita por palpação e processa-se com a colocação de autocolantes circulares de papel, com 10 mm de diâmetro, Fig.24. Está dependente de erros na marcação manual e em relação aos valores radiográficos o seu valor é inferior em cerca de 20% .



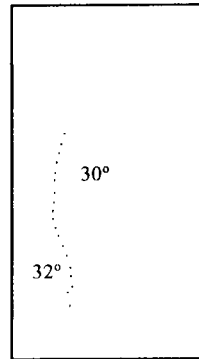
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 24: Marcação das apófises espinhosas de C7 a S1 (a), imagem planisférica (b) e representação espacial das curvaturas escolióticas no plano frontal (c) e sagital (d), com determinação instantânea pelo computador dos valores angulares de Cobb.

7. Representação Tridimensional Global do Centro de Massa

Esta representação é automática e corresponde à distribuição ao

longo do tronco do seu centro de massa para cada secção transversal, Fig. 25.

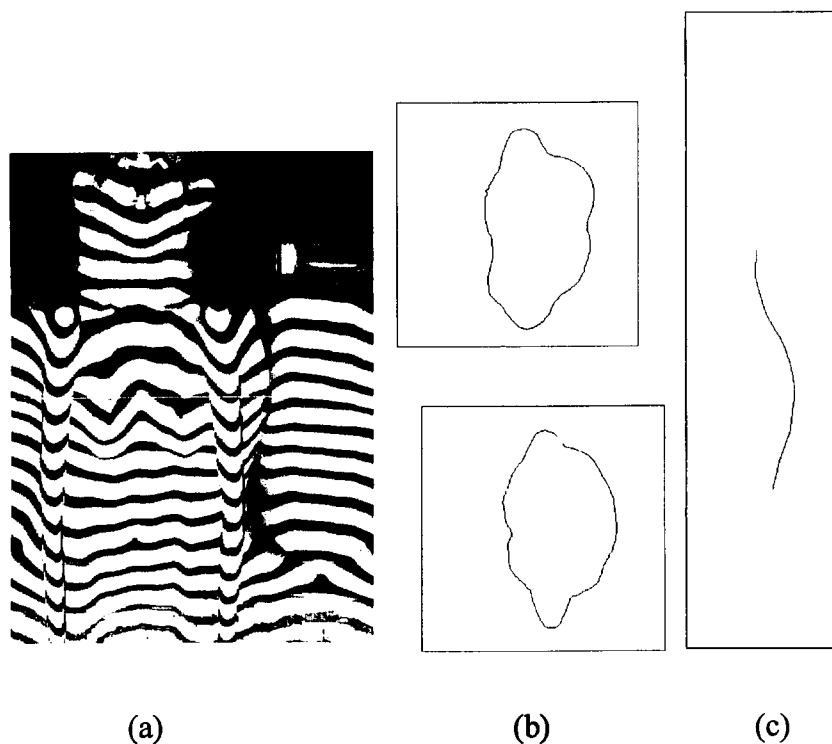


Figura 25: Determinação da distribuição espacial do centro de massa:
Localização de cortes na imagem planisférica (a);
Cortes transversais a 2 níveis (b);
Representação espacial do centro de massa, em projecção lateral (c).

Rigor e reproductibilidade da PTAT

A Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco tem como qualquer técnica de medida, ainda por cima complexa, limitações em termos de rigor e reproductibilidade dos dados fornecidos.

O rigor é limitado por erros sistemáticos tais como erros de calibração, distorção de imagem, escalas incorrectas, exigindo controlo e aferição do sistema e ainda erros aleatórios como por exemplo a limitação da resolução e a reflectância da pele, compensados

com o uso do maior número possível de pixel na superfície do tronco, sendo na PTAT 512×194, ou seja 99.328 em cada exame efectuado.

A reproductibilidade dos dados é influenciada pela postura das pessoas a examinar, bem como por erros no seu posicionamento. Para obviar a estas limitações, usamos marcas pré-defenidas para os pés na plataforma, que era móvel e passou a ser fixa, conforme já referido na evolução experimental, e para cada pessoa a examinar fazemos por sistema duas aquisições, o que não é deletério pelo facto de se tratar de técnica não invasiva.

Padrão de Normalidade

Objectivo

Após o desenvolvimento da técnica de Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco procedeu-se à sua aplicação num grupo de controle constituído por jovens com troncos considerados normais, tendo em vista o estabelecimento de parâmetros de normalidade para os dados fornecidos.

Para tal procedeu-se ao rastreio de deformidades da coluna vertebral em jovens da população escolar do Grande Porto, tendo em vista essencialmente a exclusão do grupo de normalidade dos jovens com deformidades, usando-se os critérios universalmente considerados em rastreios de grandes grupos de jovens em idade escolar em vários Países.

O rastreio de escolioses na população escolar, apesar de ainda se efectuar em vários Países de todos os Continentes, teve a sua grande popularidade nos anos 70 e 80^{1,5,7,13,15,20,22,28,32,33,34,39,41}. Como em todos os rastreios a finalidade principal era a detecção precoce da doença e instituição oportuna do tratamento.

Foi recomendado por várias Sociedades Ortopédicas nomeadamente a "American Academy of Orthopedic Surgeons" em 1974 e financiado por Organizações Estatais de Saúde Pública em vários Países, sendo mesmo obrigatório no Japão.

Na sua realização observam-se os jovens em posição de pé e em flexão anterior do tronco, pesquisando-se assimetrias na topografia da superfície posterior do tronco em especial proeminências paravertebrais devidas à rotação característica da escoliose estrutu-

ral e realçadas pela flexão anterior do tronco, como descrito por Adams em 1865. O teste de Adams é sem dúvida o método standard para detecção de pequenas curvaturas escolióticas no rastreio em massa de grandes grupos da população escolar. Para a medida da deformidade rotacional foram desenvolvidos vários aparelhos de leitura desde o gibómetro^{12,42} que fornece a leitura da deformidade em altura, os aparelhos de leitura de contorno da superfície^{9,39,46}, mas os mais usados e popularizados foram os escoliómetro de Bunnell (1984) e de Pruijs (1992) que medem o ângulo de rotação do tronco. No final da década de 70 bem como nas décadas seguintes foram usadas em programas de rastreio técnicas de avaliação topográfica do tronco, como a de Moiré^{2,31,44}, Ecografia¹¹ e Topografia Optica Computorizada¹⁶.

Dado que existem assimetrias “fisiológicas” do tronco em indivíduos sem qualquer deformidade da coluna vertebral foi necessário estabelecer critérios de normalidade para as medições e valores mínimos considerados patológicos a partir dos quais o envio para Centros Especializados no tratamento é mandatório^{8,9,30,38,47}.

A eficácia e custos dos programas de rastreio de escolioses em massa na população escolar foi posta em causa nos finais dos anos 80 e nos anos 90. No Reino Unido foi oficialmente abandonado após debate na Reunião Conjunta da BSS e SRS, realizada em 1986¹⁰ e nos Estados Unidos da América em 1993⁴⁰.

Actualmente ainda se faz em muitos Países, por motivações de saúde pública mas também de investigação.

Material e Métodos

Foram observados nas instalações da Consulta Externa de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António 132 jovens estudantes das Escolas E,B, 2,3 de Gomes Teixeira do Porto e Escola E,B,2,3, de Matosinhos, com idades compreendidas entre 11 e 15 anos, sendo 74 do sexo feminino e 58 do sexo masculino.

A todos os jovens foram efectuadas medições da assimetria do tronco através da medição do ângulo de rotação do tronco com o escoliómetro de Pruijs em 3 localizações: T8, T12, L3, nas posições de flexão anterior de pé e sentado, no total de 6 medições e de seguida a todos os jovens foi efectuada a Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco, com determinação do Índice de Simetria do Tronco (IST), do Índice de Assimetria Transversal Ante-

rior (IATA) e Posterior (IATP) e do Ângulo de Rotação do Tronco (ART) a nível torácico e lombar.

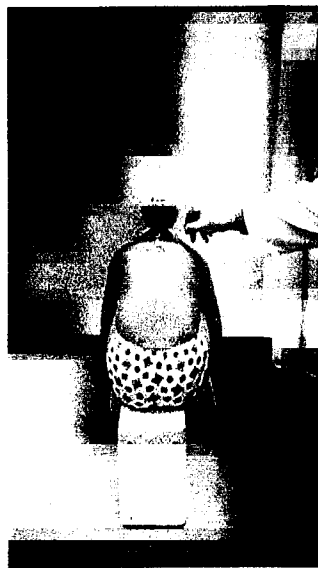
Avaliação Clínica e com o Escoliómetro

O exame clínico efectuado aos jovens estudantes incluiu a pesquisa rápida e sumária de assimetrias do tronco no plano frontal, tais como assimetria dos ombros, dos flancos, da bacia e desvio lateral do tronco, na posição de pé. De seguida os estudantes posicionaram-se em flexão anterior do tronco, olhando para o chão, com os pés afastados cerca de 15 cm, com os joelhos em extensão, membros superiores pendentes com cotovelos em extensão e mãos com as regiões palmares unidas entre os joelhos, Fig.26, (a) efectuando-se nesta 1ª posição de flexão anterior do tronco as medições do ângulo de rotação do tronco com o escoliómetro a nível de T8, T12 e L3.

Posteriormente os estudantes sentaram-se num banco com 40 cm de altura, com flexão anterior do tronco, igualmente com os membros superiores pendentes, com cotovelos em extensão e mãos pendentes ao lado das pernas, Fig. 26, (b), e nesta 2ª posição de flexão anterior do tronco, repetidas as medições do ângulo de rotação do tronco com o escoliómetro em T8, T12 e L3.



(a)



(b)

Figura 26: Medição do ângulo de rotação (ou de inclinação) do tronco com escoliómetro de Pruijs, em flexão anterior do tronco de pé (a) e sentado (b).

Todas as medições foram efectuadas pelo autor, nas mesmas instalações e em idênticas condições para todos os estudantes. Para avaliação do erro intra-observador das leituras do escoliômetro, foram realizadas 2 leituras nas localizações e condições descritas para 10 estudantes pelo mesmo autor (A.F.O.) em tempos diferidos. O erro intra-observador foi determinado para 95% de limites de confiança e os resultados constam do Quadro I.

Quadro I: Análise da Variabilidade das Medidas com Escoliômetro

	Erro intra-observador(Graus)
Flexão anterior de pé	
Torácica	1,78
Toracolombar	3,01
Lombar	3,80
Flexão anterior sentado	
Torácica	2,02
Toracolombar	2,88
Lombar	3,89

Avaliação com PTAT

Após a avaliação clínica e com escoliômetro, a todos os estudantes foi efectuada a técnica de perfilometria tridimensional automatizada do tronco, com determinação dos IST e dos IATA e IATP, bem como do ART a nível torácico e lombar, usando como referências anatómicas para o nível dos cortes axiais a partir dos quais se determinaram os últimos 2 índices descritos os mamilos e o umbigo respectivamente.

Análise Estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada usando o software de estatística SPSS 8.0 para Windows, com técnicas descritivas e inferenciais (Student T-teste, Correlações de Pearson, Mann Whitney, Wilcoxon e Kruskal-Wallis testes) considerando-se estatisticamente significativas diferenças para as quais $p < 0.05$.

Resultados

Os resultados cumulativos obtidos em termos de leituras do escoliómetro em função das 3 localizações referidas, sexo, e da flexão anterior do tronco em posição de pé e sentado, apresentados como percentagens de assimetria do tronco de 1 a 6° e assimetria superior a 7° constam dos Quadros II e III.

Quadro II: Assimetrias do tronco em ambos os sexos

Localização	Flexão anterior (de pé)		Flexão anterior(sentado)	
	Rapazes	Raparigas	Rapazes	Raparigas
Torácica	24,63%	27,30%	14,52%	16,68%
Toracolombar	24,46%	31,33%	11,30%	18,65%
Lombar	30,10%	33,78%	17,00%	20,20%

Quadro III: Assimetrias do tronco $\geq 7^\circ$ em ambos os sexos

Localização	Flexão anterior (de pé)		Flexão anterior(sentado)	
	Rapazes	Raparigas	Rapazes	Raparigas
Torácica	0,80%	5,30%	0,80%	5,3%
Toracolombar	0,80%	5,30%	0,80%	5,3%
Lombar	0,80%	5,30%	0,80	4,5%

Os resultados da PTAT em termos dos valores acima descritos para o índice de simetria do tronco [$IST = (IAAF + IAPF + IAA) / 3$], índices de assimetria transversal anterior (IATA) e posterior (IATP) bem como ângulos de rotação do tronco (ART) para 124 alunos, depois de excluídos 8 alunos que apresentavam assimetrias do tronco de valor igual ou superior a 7° nas leituras do escoliómetro, constam dos Quadros IV, V, VI e VII.

Quadro IV: Índice de Simetria do Tronco (IST)

	N °	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
IST	124	1.00	17.00	12,6860	3,1258

Quadro V: Índice de Assimetria Transversal Anterior (IATA)

Localização	N °	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Torácica	124	1,00	6,00	3,30	1,5954
Lombar	124	0,50	3,00	1,60	0,9331

Quadro VI: Índice de Assimetria Transversal Posterior (IATP)

Localização	N °	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Torácica	124	3,00	10,00	6,10	2,6013
Lombar	124	4,00	12,00	7,60	2,6331

Quadro VII: Ângulo de Rotação do Tronco (ART)

Localização	N °	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Torácica	124	1,00	6,00	3,40	1,6465
Lombar	124	1,00	9,00	4,70	2,4518

Comentário e Conclusões

A Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco é uma técnica topográfica de avaliação tridimensional da globalidade do tronco, não invasiva, automatizada, com grande sensibilidade, de simples realização e rápido fornecimento de dados individuais, que incluem informações quantificadas da deformidade escoliótica nos planos frontal, sagital e transversal.

Assimetrias do tronco quer a nível anterior quer posterior existem em crianças e adolescentes normais, sem deformidades da coluna. As assimetrias aumentam da região torácica para a lombar a nível da superfície posterior do tronco e em sentido inverso na superfície anterior ($p < 0,05$) e são mais frequentes à direita com o aumento da idade dos jovens avaliados ($p < 0,05$).

Em crianças e adolescentes saudáveis o encurtamento de um membro inferior de 1-2 cm, habitualmente não conhecido, está associado a uma deformidade paravertebral lombar contralateral em flexão anterior do tronco na posição de pé. A percentagem de assimetrias é menor em flexão anterior do tronco na posição de senta-

do, uma vez que nesta posição a bacia é nivelada anulando a possível influência de dismetrias dos membros inferiores. Nos programas de rastreio de deformidades da coluna vertebral, o exame clínico e com escoliómetro em de flexão anterior do tronco na posição de sentado é recomendado.

A determinação do padrão de normalidade para os dados fornecidos pela Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco adequa-se à existência real, na população normal, de assimetrias do tronco consideradas fisiológicas, quer na sua vertente anterior quer posterior e, com o seu conhecimento, estabeleceu-se a base de dados que servirá de marco comparativo relativamente aos valores apresentados pelos pacientes com escoliose idiopática do adolescente.

Referências

1. **Abbot EV.** Screening for Scoliosis: A Worthwhile Preventive Measure. *Can J Public Health* 68:22-25, 1977.
2. **Adair IV, van Wijk MC, Armstrong WD.** Moiré Topography in Scoliosis Screening. *Clin Orthop* 129:165-171, 1977.
3. **Amendt L, Ause-Ellias K, Eybers J, Wadsworth C, Nielsen D, Weinstein S.** Validity and Reliability Testing of the Scoliometer, *Physical Therapy* 70:108-117, 1990.
4. **Armstrong GWD, Livermore NB, Suzuki N, Armstrong JG.** Nonstandard Vertebral Rotation in Scoliosis Screening Patients. Its Prevalence and Relation to the Clinical Deformity. *Spine* 7:50-55, 1981.
5. **Asher M, Beringer GB, Orrick J, Halverhout N.** The Current Status of Scoliosis Screening in North America, 1986: Results of a Survey by Mailed Questionnaire. *Spine* 14:652-662, 1989.
6. **Ashworth MA, Ersil AK.** The Measurement of Rib Hump Inclination: A Potential Aid in Scoliosis Screening. *Orthop Trans* 5:33-34, 1981.
7. **Bellyei A, Czeizel A, Barta O, Molnar L.** Prevalence of Adolescent Idiopathic Scoliosis in Hungary. *Acta Orthop Scand* 48:177, 1977.
8. **Bunnell WP.** An Objective Criterion for Scoliosis Screening. *J Bone Joint Surg* 66A: 1381-1387, 1984.
9. **Burwell RG, James NJ, Johnson F, Webb JK, Wilson YG.** Standardised Trunk Asimetry Scores. A study of Back Contour in Healthy Schoolchildren. *J Bone Joint Surg* 65B:452-463, 1983.
10. **Burwell RG.** The British decision and subsequent events. *Spine* 13:1192-1194, 1988
11. **Burwell RG, Kirby AS, Aujla RK, Kirk EL, Pratt RK, Bailey MA, Webb JK, Moulton A, Gallimore SJ.** Evaluation of Vertebral Rotation by Ultrasound for the Early Detection of Adolescent Idiopathic Scoliosis. In *Research into Spinal Deformities* 2:73-76. I. A F. Stokes (Ed.), IOS Press, 1999.
12. **Cobb JR.** Outline for the Study of Scoliosis. *Instructional Course Lectures*, The American Academy of Orthopaedic Surgeons. Vol 5, 261-275. Ann Arbor, JW Edwards, 1948.

13. **Cabrera JÁ, Medina F, Garcia A, Ortin E.** Prevalencia de La Escoliosis Idiopática en Murcia. *Rev Ortop Traum* 32:181-184, 1988.
14. **Cheng Xiao-Xue, Su Xian-Yu, Guo Lu-Rong.** Automated Measurement Method for 360° Profilometry of 3D Diffuse Objects. *Applied Optics* 30/10:1274-1278, 1991.
15. **Dickson RA, Stamper P, Sharp AM, Harker P.** School Screening for Scoliosis: Cohort study of Clinical Course. *Br Med J* 281:265-267, 1980.
16. **Fomichev NG, Kharinov VN, Sarnadski VM, Sadovoy MA, Malakhov AO.** School Spinal Deformity Screening by Computer Optical Topography. In *Research into Spinal Deformities* 2:241, I.A.F. Stokes (Ed), IOS Press, 1999.
17. **Gomes AOS.** Técnicas de Análise de Forma por Varrimento de um Feixe Laser Modulado em Intensidade. *Tese de Doutorado*, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 1988.
18. **Gomes AOS, Lage ALV, Serra LA, Soares ODD.** Projected Fringes Topography for Spinal Deformity Analysis. *Bioptics: Optics in Biomedicine and Environmental Sciences*. Soares ODD, Scheggi AM, (Ed). SPIE 1524:264-266, Washington, 1992.
19. **Gomes AS, Serra LA, Lage AS, Gmes A..** Automated 360° Profilometry of Human Trunk for Spinal Deformity Analysis. In *Three Dimensional Analysis of Spinal Deformities*, M. D'Amico, A. Merolli & G. C. Santambrogio(Ed), IOS Press, 1995.
20. **Goldberg C, Thompson F, Dowling F, Regan BF, Blake NF.** Pilot Study for a Scoliosis Screening Project in South Dublin. *J Irish Med Association* 73:265-268, 1980.
21. **Halioua M, Liu H C, Chin A, Bowings TS.** Automated Topography of the Human Forms by Phase Measuring Profilometry and Model Analysis. In *Surface Topography and Spinal Deformity*. Proceedings of the Fifth International Symposium, 91-100. Neugebauer H & Windischbauer G (Ed) Gustav Fischer, Stuttgart, 1990.
22. **Kane WJ, Moe JH.** A Scoliosis Prevalence Survey in Minnesota. *Clin Orthop* 69:216-218, 1970.
23. **Kane WJ.** Scoliosis Prevalence: A Call for a Statement of Terms. *Clin Orthop* 126:43-46, 1977.

24. Hill DL, Mahood JK, Moreau MJ, Raso VJ, Durdle NG. The Scoring of Trunk Distortion in Scoliosis. In *Research into Spinal Deformities* 1:289-292. J.A., Svastik and K. M. Diab (Ed), IOS Press, 1997.
25. Inami K, Suzuki N, Ono T, Yamashita Y, Kohono K, Morisue H. Analysis of Trunk Symmetry Index(POTSI) in Scoliosis. Part 2. In *Research into Spinal Deformities* 2:85-88, I.A.F. Stokes (Ed), IOS Press, 1999.
26. Laulund T, SØjbjerg JO, HØrlyck E. Moiré Topography in School Children for Structural Scoliosis. *Acta Orthop Scand* 53:765-768, 1982.
27. Lonstein JE. Screening for Spinal Deformities in Minnesota Schools. *Clin Orthop* 126:33-42, 1977.
28. Lonstein JE, Bjorklund S, Wanninger MH, Nelson RP. Voluntary School Screening for Scoliosis in Minnesota. *J Bone J Surg* 64A:481-488, 1982.
29. Montgomery F, Persson U, Benoni G, Wilner S, Lindgren B. Screening for Scoliosis: A Cost Effectiveness Analysis. *Spine* 15:67-70, 1990.
30. Pruijs JH, Keessen W, van der Meer R, van Wieringen JC, Hageman ME. School Screening for Scoliosis: Methodologic Considerations. Part 1: External Measurements. *Spine* 17:431-436, 1992.
31. Ruggeroni M, Austin JHM. Moiré Topography in Scoliosis. *Phys Ther* 66:1072-1077, 1986.
32. Salis Amaral J, Paes Vasconcelos F. Prospecção Clínica de Escolioses no Concelho de Cascais. *Rev Ortop Traum* 10P, 1B:123-127, 1984.
33. Segil CM. The Incidence of Idiopathic Scoliosis in the Bantu and White Population Groups of Johannesburg. *J Bone J Surg* 56B:393, 1974.
34. Smyrnis PN, Valavanis J, Alexopoulos A, Siderakis G, Giannestras NJ. School Screening for Scoliosis in Athens. *J Bone J Surg* 61B:215-217, 1979.
35. Span Y, Robin G, Makin M. Incidence of Scoliosis in School Screening in Jerusalem. *J Bone J Surg* 58B:379, 1976.
36. Srinivasan, Liu HC, Halioua M. Automated Phase Measuring Profilometry of 3d Diffuse Objects. *Applied Optics* 23/18:3105-3108, 1984.

37. **Suzuki N, Inami K, Ono T, Kohno K, Asher MA.** Analysis of Trunk Symmetry Index (POTSI) in Scoliosis. Part 1. In *Research into Spinal Deformities* 2:81-84, I. A.F. Stokes (Ed), IOS Press, 1999.
38. **Takemitsu Y.** Scoliosis: Screening Methods and the Subsequent Management. *J Jap Orthop Assoc* 55:243-257, 1981.
39. **Thulbourne T, Gillespie R.** The Rib Hump in Idiopathic Scoliosis. Measurement, Analysis and Response to Treatment. *J Bone J Surg* 58B:64-71, 1976.
40. **U. S. Preventive Services Task Force:** Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Am Med Assn* 269:2664-2672, 1993.
41. **Vercauteren M, Van Beneden M, Verplaetse R, Croene PH, Uyttendaele D, Verdonk R.** Trunk Asimetries in a Belgian School Population. *Spine* 7:555-562, 1982.
42. **Vinchon B.** Présentation d'un Appareil Permettant la Mesure des Gibbosités Scoliotiques. *Rev Chir Orthop* 51:643-644, 1965.
43. **Viviani GR, Budgell L, Dok C, Tugwell P.** Assessment of Accuracy of the Scoliosis School Screening Examination. *Am J Public Health* 74:497-498, 1984.
44. **Willner S.** Moiré Topography: A Method for School Screening of Scoliosis. *Arch Orthop and Traum Surg* 95:181-185, 1979.
45. **Willner S.** A Comparative Study of the Efficiency of Different Types of School Screening for Scoliosis. *Acta Orthop Scand* 53:769-774, 1982.
46. **Willner S.** Spinal Pantograph: A Noninvasive Anthropometric Device for Describing Postures and Asimetries of the Trunk. *J Ped Orthop* 3: 245-249, 1983.
47. **Willner S.** Prevalence Study of Trunk Asymetries and Structural Scoliosis in 10-Year-Old School Children. *Spine* 9:644-647, 1984.
48. **Willner S, Udén A.** A Prospective Prevalence Study of Scoliosis in Southern Sweden. *Acta Orthop Scand* 53:233-237, 1982.

3ª Parte - APLICAÇÃO CLÍNICA DA PTAT

I

Na Investigação Etiológica

I - Na Investigação Etiológica

Introdução

A designação de escoliose idiopática é atribuída a Kleinberg em 1922 e, com esta designação que ainda hoje é usada universalmente, pretende-se englobar todos os casos de escoliose de causa desconhecida, que correspondem à grande maioria dos casos de escoliose. Habitualmente e numa tentativa metodológica de compartimentação classificativa, são considerados três sub-grupos, diversos pela idade de apresentação da doença: a escoliose infantil, juvenil e do adolescente. Se para alguns autores esta sub-divisão é artificial e excessiva, já que o processo patológico é o mesmo, para outros simplista, pelo facto da apresentação clínica, tratamento e prognóstico serem bastante diferentes, mesmo dentro dos sub-grupos referidos.

O que infelizmente é indiscutível e unânime, é o desconhecimento até à actualidade, da etiologia, patogenia e mecanismos patológicos da escoliose idiopática em geral, apesar dos esforços de investigação em numerosos Centros Mundiais. Como *etiologia* entenda-se o estudo da ou das causas da doença, como *patogenia* o modo de origem e desenvolvimento do processo mórbido, nomeadamente em termos de resposta do, ou dos, órgãos alvo perante determinado agente e *mecanismos patológicos* à sequência de acontecimentos na evolução das alterações estruturais e funcionais que resultam do processo patológico.

Aspectos Históricos

Desde a antiguidade, até aos nossos dias que várias teorias sobre a etiologia da escoliose foram surgindo, algumas delas perfeitamente excluídas de sentido à luz do conhecimento actual, outras

alertando para factos e deduções, por vezes com base empírica mas ainda hoje perfeitamente plausíveis e aceitáveis.

A mais referida foi a teoria da escoliose ser devida a deficiências posturais durante o crescimento. É admitida já por Hipócrates na Antiguidade mas tem o seu apogeu durante o Século XIX, nomeadamente com Lovett (1891).

A relação com a rotação da coluna vertebral é reconhecida por Méry (1706).

A relação com anomalias musculares é referida por vários autores: desenvolvimento muscular assimétrico (Guérin) paralisia dos músculos inspiratórios (Stromeyer); afecção muscular primária (Berend); desproporção entre crescimento ósseo e desenvolvimento muscular (Pravaz).

Alterações ósseas são referidas para a explicação da escoliose, nomeadamente a plasticidade anormal das vértebras e sua relação com os pesos suportados (Volkman) ou com raquitismo e doenças endócrinas (Schulthess).

Os discos intervertebrais e ligamentos, como estruturas implicadas na etiologia da escoliose, também tiveram os seus adeptos, respectivamente (Delpech) e (Lorenz).

Com a descoberta dos Raios X nos finais do século XIX, a maior parte das teorias são dirigidas para factores mecânicos da estrutura vertebral como sejam as curvas no plano frontal, rotação vertebral, facetas articulares, curvas no plano sagital e grade costal.

Estado Actual do Conhecimento

A grande limitação das várias teorias etiológicas surgidas até aos tempos actuais foi a busca duma lesão única essencial, que daria azo a uma descoberta bombástica e à revolução completa no tratamento. Essa lesão essencial nunca foi descoberta. Com grande probabilidade, a etiologia da escoliose idiopática será multifactorial.

Vários avanços na investigação de possíveis factores etiológicos, envolvidos na escoliose idiopática, têm surgido nos últimos anos, como sejam:

1. Factores hereditários

A implicação de factores genéticos na etiologia da escoliose idiopática do adolescente tem sido assumida e referida desde há longa data por múltiplos autores em numerosos estudos^{4,16,36,83}.

A maior incidência familiar da escoliose idiopática do adolescente relativamente à população em geral, encontra-se perfeitamente demonstrada na literatura^{20,26,50,64,66,83}, bem como a elevada concordância da doença em gémeos monozigóticos, da ordem dos 70% e da ordem dos 35% em gémeos dizigóticos^{11,20,29,40,44,55,59,69}.

Contudo a grande limitação da investigação genética nesta doença até à actualidade manifesta-se na determinação do modo de transmissão, designadamente: 1) se segundo o padrão autossómico dominante, ligado ao cromossoma X ou 2) multifactorial. Vários estudos sugerem um ou outro dos padrões de transmissão^{5,16,17,28,30,64,83}.

Estudos recentes baseados em técnicas estatísticas elaboradas de estudo genético em populações, nomeadamente por análise de ligação genética⁵⁸ e análise de segregação complexa¹⁴ não conseguiram definir de forma inequívoca a transmissão ligada ao cromossoma X, ou outro padrão de transmissão hereditária na escoliose idiopática do adolescente.

2. Alterações do tecido conjuntivo e genoma humano

A associação de laxidez articular à escoliose idiopática do adolescente^{6,24}, bem como o aparecimento habitual de escoliose em doenças do tecido conjuntivo, como por exemplo o Síndrome de Marfan, conduziu vários autores à pesquisa de alterações em constituintes do tecido conjuntivo nomeadamente dos discos intervertebrais, a nível do colagénio, da matriz e das fibras elásticas.

Neste contexto, a relação com defeitos ou mutações a nível dos genes codificadores da fibrilina, à semelhança do Síndrome de Marfan em que há um defeito a nível do gene FBN1 no cromossoma 15^{21,47}, ou do Síndrome de Beals em que há um defeito no gene FBN2 no cromossoma 5⁴⁷, foi pesquisada e encontrada em algumas famílias com duas ou mais gerações afectadas com escoliose idiopática. Por outro lado, alterações a nível dos genes codificadores do colagénio tipo I e II e elastina foram excluídas em famílias seleccionadas, apresentando escoliose idiopática com expressão autossómica dominante^{12,57}.

A possível ligação da escoliose idiopática com alterações das fibras elásticas foi também estudada quer a nível do tecido cutâneo quer do tecido ligamentar, nomeadamente o do ligamento amarelo, em doentes com escoliose idiopática do adolescente, tendo sido

encontradas alterações que podem sugerir o potencial papel dessas alterações na etiologia da escoliose idiopática do adolescente^{23,35}.

3. Alterações musculares e bio-regulação celular

Embora alterações musculares tenham desde longa data sido relacionadas com a etiologia da escoliose idiopática do adolescente, nomeadamente alterações morfológicas e funcionais do tecido muscular estriado^{25,65,68,*}, para outros, as alterações referidas e encontradas podem ser consideradas secundárias à escoliose^{18,32}.

Investigações sobre a regulação celular da contractilidade muscular e sua similitude fisiológica com a das plaquetas, conduziu a novos dados e a acrescido e renovado interesse pela pesquisa de possíveis alterações das estruturas musculares na escoliose idiopática do adolescente, pois estas - nestes termos - traduziriam alterações primárias sistémicas e não secundárias à escoliose. A descoberta de níveis elevados do teor intracelular de cálcio nos músculos paravertebrais e nas plaquetas^{76,85}, bem como dos níveis de calmodulina (uma proteína de ligação ao cálcio, reguladora da contractilidade da actina e miosina), em doentes com escoliose idiopática do adolescente veio confirmar esse interesse e foi atribuído a estas alterações um valor predictivo da progressão da escoliose superior ao do índice de Risser⁴⁵.

Estudos experimentais recentes em animais, com desenvolvimento de escoliose após ablação da glandula pineal, bem como a detecção de níveis séricos reduzidos de melatonina em doentes com escoliose idiopática^{51,52} sugerem a possível relação da melatonina com a etiologia da escoliose idiopática do adolescente, quer pela interferência com a neurotransmissão no Sistema Nervoso Central, quer pela modificação do metabolismo da calmodulina, já que a melatonina se liga à calmodulina.

4. Alterações ósseas, vertebrais e costais

As alterações anatómicas vertebrais que ocorrem na escoliose idiopática são inegáveis e reconhecidas universalmente, contudo hoje em dia questiona-se seriamente a sua implicação na etiologia da escoliose idiopática do adolescente, embora se reconheça a sua participação nos mecanismos patológicos que se processam na evo-

*Prof. Doutor Luis de Almeida: Estudos de Investigação Pessoal apresentados na Lição Magistral do Concurso para Professor Extraordinário, Porto, 1987

lução e progressão da mesma. Neste contexto a influência do crescimento e seus determinantes hormonais nas vértebras imaturas é inegável, estando também comprovada a modulação do crescimento vertebral a nível das plataformas epifisárias por forças mecânicas, segundo o princípio de Hueter-Volkman^{73,74}.

De qualquer modo alguns estudos recentes, Weiss e Lauf em 1995, atribuem um papel importante na etiologia da escoliose idiopática à lordose torácica, retomando as ideias de Somerville em 1952⁷², Roaf em 1958⁶⁵ e Dickson em 1984²².

Com relação à grade costal, estrutura óssea cujas alterações são características na escoliose idiopática, também neste campo continua a haver divergências se terá um possível papel etiológico ou será apenas consequência da deformidade vertebral. Estudos anatómicos, vasculares e experimentais recentes^{1,60,61,62,71}, atribuem um papel determinante na patogénese da escoliose torácica idiopática ao hipercrecimento costal na concavidade, condicionando secundariamente a deformidade vertebral.

5. Alterações neurológicas

A possível relação etiológica de alterações neurológicas com a escoliose idiopática do adolescente é sugerida por estudos de investigação de longa data neste campo, designadamente alterações electromiográficas, electroencefalográficas e nistagmográficas, na função vestibular, na sensação vibratória e proprioceptiva, e perturbações dos mecanismos de reflexo postural durante o crescimento^{7,15,49,67,82,84,86}, contudo, várias destas alterações referidas poderão ser e serão concerteza secundárias e não causadoras da escoliose.

Estudos mais recentes sugerem alterações neurológicas centrais, com possível implicação na etiologia da escoliose idiopática do adolescente, quer anatómicas, quer funcionais: assimetrias anatómicas do tronco cerebral e fossa posterior foram detectadas por RMN em doentes com escoliose idiopática do adolescente³¹ e a associação de seringomielia, detectada de igual modo por RMN também é referida, contudo esta associação é sobretudo evidente nas escolioses infantil e juvenil^{3,48}. A constatação da menor prevalência de escoliose idiopática em deficientes auditivos, reactivou a possível importância etiológica da disfunção entre proprioceptividade, funções vestibular e motora⁸¹ e testes perceptivos complexos não espinais, sugerem a acentuação da assimetria cerebral na escoliose idiopática do adolescente³³.

Estudos neurofisiológicos em doentes com escoliose idiopática revelaram aumento da latência de potenciais evocados somatossensitivos corticais, podendo implicar a existência de processos patológicos entre o mesencéfalo e o córtex cerebral⁵³.

Estudo de Investigação Clínica - PTAT em “contrapposto”

Objectivo

Pesquisa duma eventual ligação funcional entre a marcha e a transmissão de energia rotacional para a coluna vertebral e sua diversidade para as regiões torácica e lombar por intermédio da PTAT.

Conceito

A possibilidade de um factor dinâmico postural estar na génese da escoliose do adolescente é uma hipótese recorrente nas teorias etiológicas sobre esta enfermidade. A pesquisa de um tal factor nunca entrou verdadeiramente na prática da investigação clínica perante a complexidade do jogo dinâmico das forças possíveis.

Ao longo dos anos de trabalho para criar e aperfeiçoar a perfilometria tridimensional automatizada do tronco, sempre foi patente a impossibilidade de a utilizar em movimento no entanto, as potencialidades que se lhe vislumbravam em detectar as forças torsionais deformantes sobre o tronco tornou imperativo para os seus autores explorar essa hipótese. Não podendo ser executada em movimento, a PTAT exigia o recurso a determinadas posições “congeladas” da fase do passo, previamente seleccionadas como produtoras das referidas forças deformantes. Criou-se para o efeito uma posição estática em simetria direita e esquerda, depois comparadas, que imitam o desvio do centro de massa corporal que ocorre durante a dinâmica da marcha. É semelhante à denominada posição em “contrapposto” da estatuária clássica, Fig. 1A.



Figura 1 A: Exemplo clássico do “contrapposto”, a posição com a perna apoiada à frente (O Dorífero, ou O Lanceiro, cópia romana de um original grego de 450-440 a.C., atribuído a Policleto).

Material

Foram selecionados para este estudo de investigação 100 jovens da população escolar do grande Porto, com idades compreendidas entre 11 e 15 anos, sendo 50 do sexo feminino e 50 do sexo masculino. Em todos eles, sem patologia conhecida do fôro neurológico ou osteoarticular, foi excluída deformidade escoliótica da coluna vertebral e dismetria dos membros inferiores superior a 5 mm, através de exame clínico completo, uso de escoliómetro de Pruijs a nível torácico, toracolombar e lombar, bem como com a técnica de Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco, estando portanto incluídos dentro do considerado padrão de normalidade.

Método

A todos estes jovens foi efectuada a técnica de Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco, em semi-apoio monopodálico, ou postura de “contrapposto”, Fig.1B. Em metade deles o semi-apoio monopodálico foi esquerdo (Grupo I) e na outra metade, direito (Grupo II), obtendo-se aquilo que poderemos classificar de PTAT em “contrapposto”.

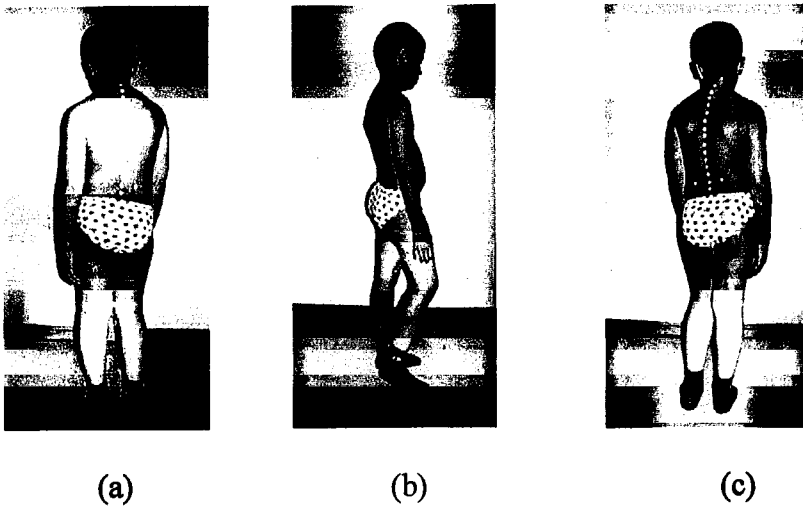
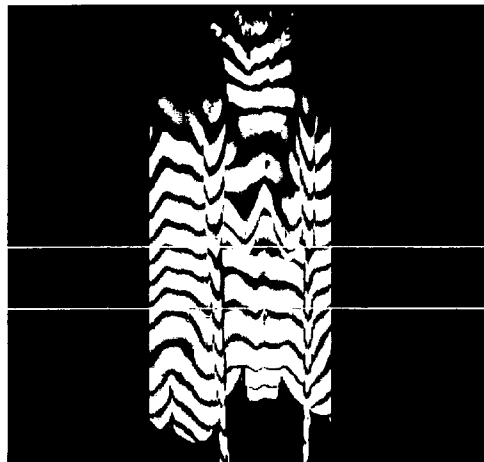


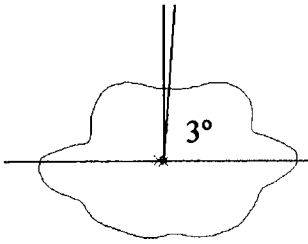
Figura 1 B: Semi-apoio monopodálico (a): esquerdo (vista posterior); (b): esquerdo (vista lateral); (c): direito (vista posterior).

Em todos os jovens os exames clínico, com escoliómetro e com PTAT foram executados pelo mesmo autor (A.F.O.) e, por motivos metodológicos, os jovens a quem foi efectuada a PTAT em semi-apoio monopodálico esquerdo foram examinados num dia e os outros, em semi-apoio monopodálico direito, noutro dia.

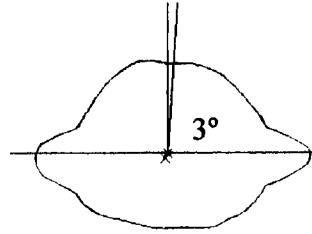
Dos resultados potencialmente fornecidos pela PTAT, foi seleccionado apenas o ângulo de rotação do tronco (A.R.T.). Como níveis anatómicos, para efectuar os cortes axiais que determinaram o ART, foram seleccionadas os mamilos e o umbigo em todos os exames efectuados, Fig. 2.

1
apoio bipodálico



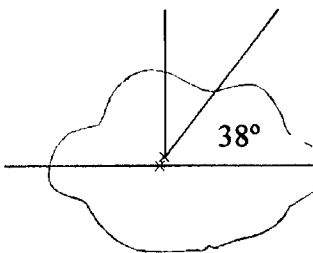
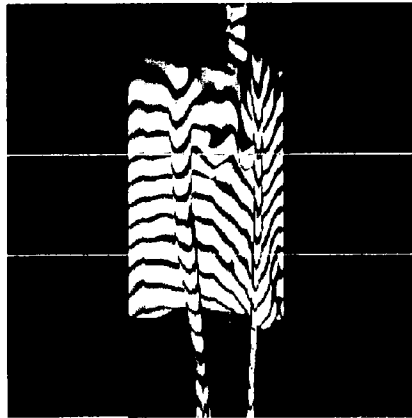


corte torácico

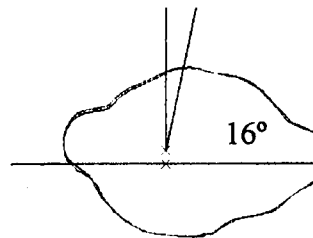


corte lombar

2
semi-apoio
monopodálico



corte torácico



corte lombar

Figura 2: Ângulo de rotação do tronco (ART) a nível dos cortes torácico e lombar, em apoio bipodálico standard (1) e semi apoio monopodálico (2).

Para a análise estatística dos resultados foi usado o software de estatística SPSS 8.0 para Windows, com técnicas descritivas e inferenciais (Student T-teste, ANOVA, Correlação de Pearson), considerando-se significativas diferenças para as quais $p < 0,05$.

Resultados

A análise dos resultados tornou evidente que a posição de semi-apoio monopodálico condiciona alterações significativas do ângulo de rotação do tronco a nível torácico mas não a nível lombar. Isto é, as forças rotacionais são transmitidas de forma ascendente em valores progressivamente maiores: mínima nos membros inferiores e bacia, máxima na região torácica (Quadro I). As diferenças entre o apoio bipodálico e o semi-apoio monopodálico esquerdo e direito são significativas ($p < 0,001$).

Na análise dos resultados dos valores do ângulo de rotação do tronco (ART) para ambos os sexos, constata-se que estes são sobreponíveis na região lombar mas com valores superiores para o sexo feminino na região torácica, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para o semi-apoio monopodálico esquerdo (Quadro II).

Correlacionando os valores do ART para ambos os sexos e para as regiões torácica e lombar constata-se que as diferenças são significativas para a região torácica e para o semi-apoio monopodálico esquerdo (Quadro III).

Quadro I: ART em Semi-apoio Monopodálico (graus)

sexo		Mono- podálico Esq (Torácico)	Mono-podálico Esq (Lombar)	Mono-podálico Dto (Torácico)	Mono-podálico Dto (Lombar)
M	N °	25	25	25	25
	Média	28.000	11.000	20.5714	5.4286
	Desvio Padrão	2.6458	10.5357	7.2539	3.6904
F	N °	25	25	25	25
	Média	39.2500	12.7500	29.000	5.2000
	Desvio Padrão	2.9861	7.7621	6.4807	1.4832
Total	N °	50	50	50	50
	Média	34.4286	12.000	24.0833	5.3333
	Desvio Padrão	6.5538	8.2462	7.9253	2.8710

Quadro II: Probabilidade (ANOVA)

			F	Sig.
Monopodálico Esq T * sexo	Entre Grupos	(Combinada)	26.621	,004
Monopodálico Esq L * sexo	Entre Grupos	(Combinada)	,065	,809
Monopodálico Dta T * sexo	Entre Grupos	(Combinada)	4,284	,065
Monopodálico Dta L * sexo	Entre Grupos	(Combinada)	,017	,899

Ψ (p<0.05)

Quadro III: Correlações (Pearson)

		Monopodálico Esq (Torácico)	Monopodálico Dta (Torácico)	Sexo
Monopodálico Esq (Torácico)	Correlação (Pearson)	1,000	,321	,918**
	Sig.	,	,482	,004
Monopodálico Dta (Torácico)	Correlação (Pearson)	,321	1,000	,548
	Sig.	,482	,	,065
Sexo	Correlação (Pearson)	,918**	,548	1,000
	Sig.	,004	,065	,

** Correlação significativa para o nível 0,01

Discussão

O propósito deste estudo não visa descobrir uma etiologia para a escoliose idiopática do adolescente, mas sim testar e especular cientificamente a possibilidade de um dos mecanismos patológicos envolvidos na mesma consistir na transmissão de forças rotacionais deformantes dos membros inferiores e bacia para a coluna vertebral durante a marcha.

Na discussão dos resultados deste estudo, parece oportuna uma curta reflexão prévia sobre a marcha humana, sua evolução e antropologia, e sobre a anatomia comparada e biomecânica de algumas estruturas do aparelho locomotor. Antes do mais, o facto original de o termo "escoliose humana" ser um pleonasma. Ela não existe entre os animais quadrúpedes da nossa Família de os *Mamíferos* *.

* Esta afirmação não tem nada a ver com escolioses experimentais induzidas em animais de laboratório.

A LOCOMOÇÃO HUMANA

Evolução e Antropologia

A marcha bípede é uma característica exclusiva das aves e do homem, no Universo dos vertebrados actuais. O bipedalismo das aves terá tido origem à cerca de 150 a 200 milhões de anos, no Mesozóico, por herança dos dinossauros bípedes, nomeadamente dos coelossauros dotados de ossos claviculares. Quanto ao bipedalismo humano, inserido nos mamíferos que evoluíram dos répteis na transição do Paleozóico para o Mesozóico, pensou-se que teria iniciado a sua evolução com o aparecimento dos primatas, no início do Terciário, há cerca de 60 milhões de anos. Contudo, esta concepção aparentemente lógica, que procurava na anatomia comparada dos primatas actuais e nos estudos de antropologia fóssil a existência de vários graus evolutivos referentes ao bipedalismo dos primatas^{43,54,56,75} foi concludentemente destronada pelos grandes avanços, muitos deles revolucionários, da antropologia nas últimas dezenas de anos^{8,13,38,41,63,80}, em especial com o surgimento e implementação de novas técnicas de datação filogenética, baseadas na análise da composição molecular do ADN nos antropoides.

Com esta evolução passa a dar-se maior importância à constituição genética como verdadeiro depositário da linha evolutiva das espécies, em detrimento do confronto morfológico da anatomia comparada ou da antropologia fóssil, já que a morfologia adquirida durante o processo evolutivo pode aproximar espécies com grau genético muito distante.

Das várias técnicas de datação filogenética^{10,42} designadas relógios moleculares, destacam-se a hibridização do ADN nuclear e a sequência de ADN mitocondrial. Com a aplicação destas técnicas ao estudo evolutivo dos antropoides concluiu-se que, na sua evolução filogenética, o chimpanzé está geneticamente mais próximo do homem que do gorila e que, os tempos de divergência dos antropoides ao homem serão de $19,1 \pm 3,6$ milhões de anos para o gibão, $15,9 \pm 2,9$ milhões para o orangotango, $4,9 \pm 1,0$ milhões para o gorila e $3,4 \pm 0,7$ milhões para o chimpanzé².

O bipedalismo resultante duma mutação evolutiva na estrutura primata tradicional, terá ocorrido há menos de 5 milhões de anos, com os *Australopithecíneos* e o *Homo habilis* e as vantagens dessa inovação evolutiva manifestaram-se a nível da aquisição de

alimentos, na protecção contra predadores e no maior sucesso na função reprodutora, nomeadamente em termos de protecção e alimentação dos filhos^{19,37,81} e ter-se-à mantido inalterado até aos tempos actuais^{19,46}.

Características especiais da marcha humana

Nos quadrúpedes e nas aves a locomoção, em qualquer uma das suas variantes, seja a marcha, a corrida ou o salto, resulta basicamente da acção impulsiva muscular dos membros posteriores ou inferiores contra o solo, com extensão parcial da anca e joelho, mantendo-se contudo a anca e o joelho sempre em flexão, Fig. 9.

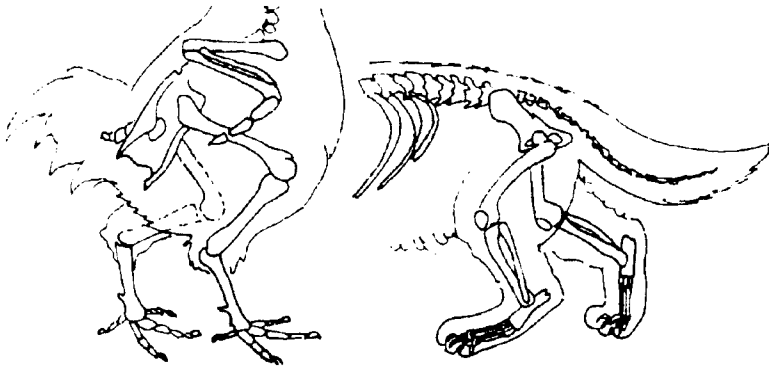


Figura 9: Atitude em flexão da anca e joelho das aves e mamíferos quadrúpedes, durante a marcha . Adaptado de Serra LA (1994).

Contrariamente às aves e quadrúpedes, no Homem a marcha que se inicia com o impulso muscular do membro inferior contra o solo, a anca e joelho passam da posição de flexão para a hiperextensão, Fig. 10, correspondendo à fase de subida do centro de gravidade no movimento sinusoidal de apoio monopodálico alterado, Fig. 11.

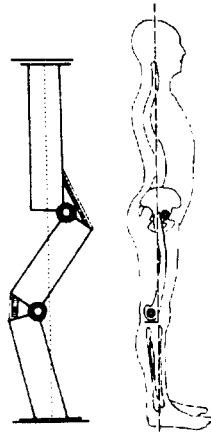


Figura 10: Atitude em hiper-extensão da anca e joelho do homem em ortostatismo e durante a marcha, funcionando como vara impulsiva e de progressão do tronco no sentido vertical e frontal. Adaptado de Serra LA (1994).

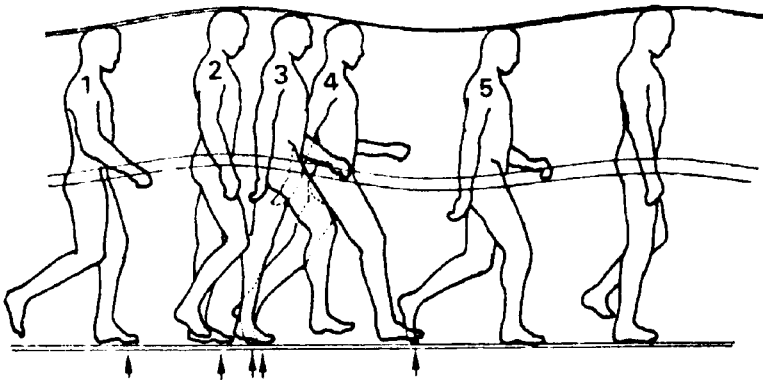


Figura 11: Esquema do movimento sinusoidal vertical e de progressão frontal do corpo humano, durante as várias fases do apoio monopodálico na marcha (setas). Adaptado de Serra LA (1994).

A fase de apoio monopodálico corresponde a cerca de 85% do ciclo da marcha.

A capacidade potencial para a marcha está presente ao nascimento, mas a sua implementação essencialmente por maturação neurológica e muscular dá-se pelo ano de idade mas vai sendo progressivamente aperfeiçoada até cerca dos sete anos, altura em que é adquirido um padrão de marcha semelhante ao do adulto, embora a máxima performance na marcha e corrida só se adquiram no final da adolescência e início da idade adulta⁹.

O ortostatismo e marcha bípede, resultantes desta elaborada e eficaz solução evolutiva terão facultado as vantagens em termos de sobrevivência de espécies atrás descritas e são conseguidos com gasto energético mínimo.

Anatomia Comparada

A evolução nos primatas do quadrupedalismo para o bipedalismo envolveu alterações substanciais no sistema esquelético, nomeadamente na coluna vertebral, na bacia e na grade costal, a que se associou uma outra alteração porventura a mais importante em termos evolutivos e impossível de separar destas, que foi a progressiva encefalização ao longo da linha filética *Homo*.

Por deferência do Museu de História Natural da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (Director: Prof. Doutor Sodrê Borges), foi-nos possível efectuar estudos de anatomia comparada incidindo em especial nos crâneos, coluna vertebral, tórax e bacia de 7 esqueletos de gorila, da sub-espécie de planície designada *Gorilla gorilla gorilla* e originários das florestas do Maiombe, Cabinda, Angola, bem como crâneos de toda a linha filética *Homo* (*habilis*→*erectus*→*sapiens*), que fazem parte do riquíssimo espólio daquele Museu.

Coluna Vertebral: Fazendo uma análise comparativa da coluna vertebral do homem e do gorila, o que chama a atenção para além de diferenças menores, tais como a existência nos gorilas de 13 vértebras dorsais e 4 lombares em todos os esqueletos inspecionados e a poeminência das apófises espinhosas cervicais comparativamente ao homem, é a presença na coluna vertebral do homem das várias curvaturas fisiológicas no plano sagital, permitindo o ortostatismo, em comparação com uma única curva cifótica no gorila, Fig.12.

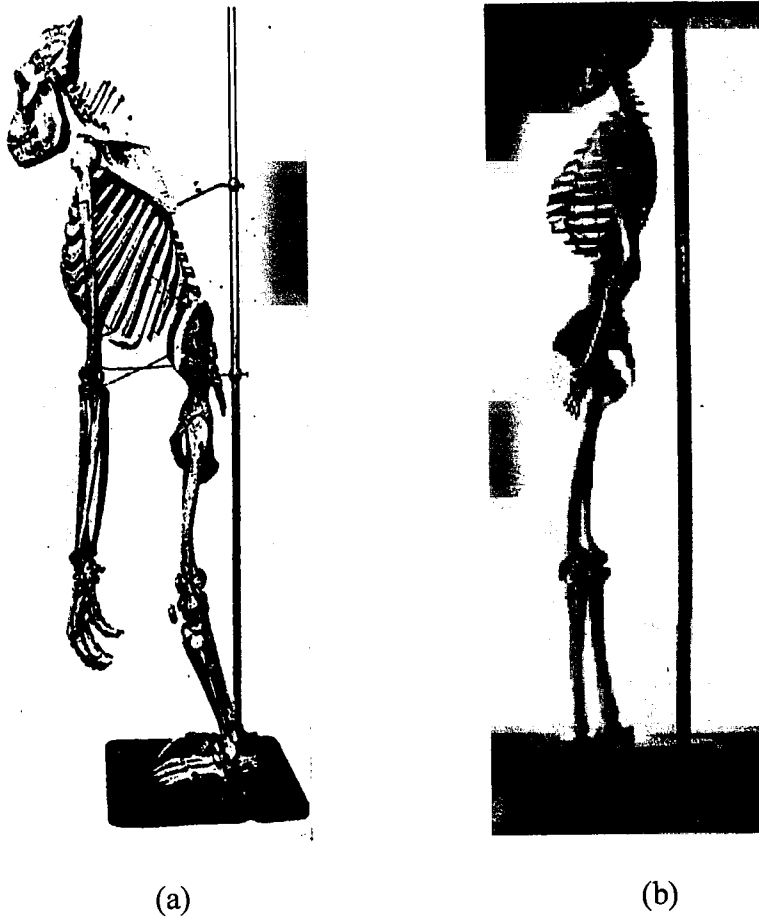


Figura 12: Vista lateral de esqueleto de gorila (a) do Museu de História Natural da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e de esqueleto humano (b) do Serviço de Ortopedia do HGSA, montados em atitude simulando a realidade. Estaturas tornadas idênticas por variável ampliação fotográficas.

Tórax: A nível do tórax, a grande diferença morfológica entre o gorila e mesmo os *Australopithecíneos*, cujo exemplar mais célebre é o fóssil da “Lucy” (*Australopithecus afarensis*) e o moderno homem adulto (*Homo sapiens*), é a transformação da forma triangular, em funil, para a forma arredondada, de barril, Fig.13.

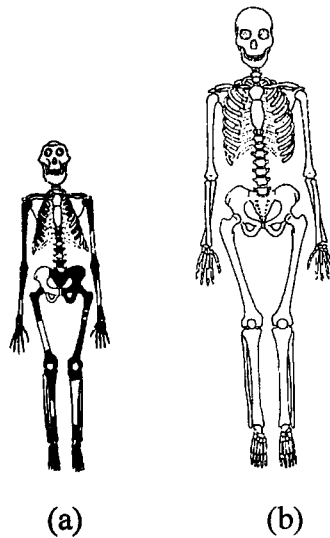


Figura 13: Esquema comparativo da morfologia do tórax e restante esqueleto, de (a): "Lucy" (*Australopithecus afarensis*) e (b): homem moderno (*Homo sapiens*).

Bacia: A nível da cintura pélvica a principal alteração evolutiva característica dos *Hominoideia* e dos *Australopithecíneos* que lhes proporcionou o ortostatismo e a marcha bípede, comparativamente ao gorila e outros primatas quadrúpedes, é o alargamento da bacia com diminuição da distância entre as articulações sacroilíacas e coxofemorais, Fig. 14.

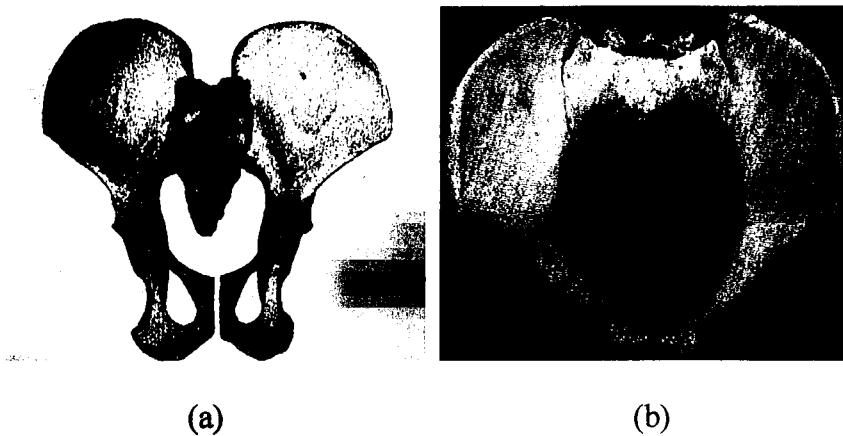
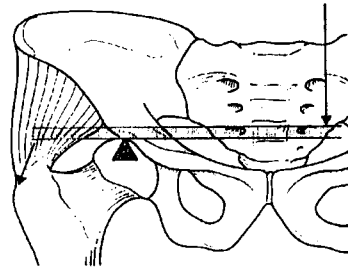


Figura 14: Aspecto morfológico da bacia de gorila (a) e da mulher actual (b).

Este alargamento tem limites anatómicos, acima dos quais a marcha e corrida se tornariam incómodas, desastrosas e ineficazes, daí que, se tenha dado a necessária e imprescindível adaptação da bacia e canal do parto dos representantes femininos dos *Hominoides* ao progressivo aumento de volume craneano dos seus descendentes. Esta adaptação do genus *Homo*, que provavelmente surgiu por selecção natural, foi conseguida à custa do aumento do braço de alavanca interno e redução equivalente do braço de alavanca externo da bacia, nomeadamente com diminuição do tamanho do colo do fémur e da força mecânica dos abdutores, maior robustez dos íliacos e aumento do diâmetro anteroposterior, relativamente aos *Australopithecíneos*, Fig.15.



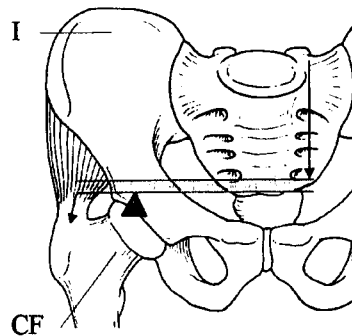
(a)



(b)



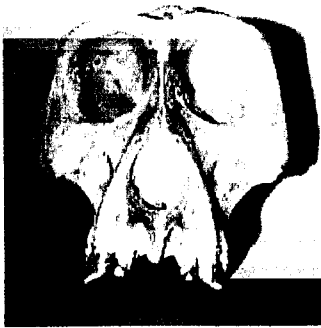
(c)



(d)

Figura 15: Aspecto morfológico da bacia e esquema das forças a que está submetida nos *Australopithecíneos* (a) e (b) e na mulher moderna (c) e (d). I = Íliaco; CF = Colo Femoral.

Crânio: A encefalização progressiva da linha filética *Homo* ter-se-à iniciado no Plistocénico, que abre o Período Quaternário, há cerca de 2 a 3 milhões de anos, com divergência clara da dos *Australopithecíneos*, cujos crâneos tinham dimensões muito próximas dos gorilas ou seja uma capacidade rondando os 400 cm^3 . No *Homo habilis* a capacidade craniana aumenta para cerca de 800 cm^3 , no *Homo erectus* para cerca de 1000 cm^3 e, finalmente, no *Homo sapiens* a capacidade craniana atinge cerca de 1300 cm^3 , Fig 16.



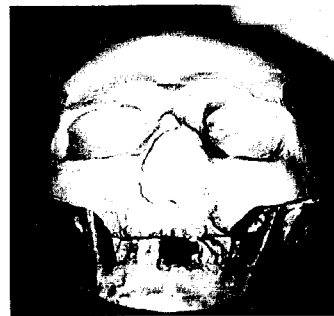
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 16: Evolução do crânio nos primatas:

(a) – Gorila; (b) – *Homo habilis*; (c) – *Homo erectus* e (d) – *Homo sapiens*
(Espólio do Museu de História Natural da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto).

Terá sido concerteza o desenvolvimento progressivo do córtex cerebral, ao longo da linha filética *Homo*, que condicionou o

seu sucesso evolutivo, contrariamente aos *Australopithecíneos* cujas várias espécies acabariam por desaparecer. Também parece indiscutível que as alterações anatómicas evolutivas ocorridas na bacia no genus *Homo* se deveram à necessária adaptação ao bipedalismo como nos *Australopithecíneos*, mas também à referida encefalização progressiva.

A coluna vertebral durante a marcha

Durante a marcha bípede, conforme já referido (Fig. 11), dá-se um movimento sinusoidal vertical do corpo, concomitante com a progressão no solo. Para além deste movimento característico ocorre um outro não menos importante no plano transversal que consiste na transmissão de forças rotacionais originadas nos membros inferiores e centralizadas na bacia, Fig.17, que se transmitem de forma ascendente à coluna vertebral por acção dum complexo sistema muscular que funciona em espiral, de que fazem parte para cada passo do ciclo da marcha o elevador da omoplata e romboides, o dentado anterior, o oblíquo externo e o oblíquo interno contralateral, Fig.18.

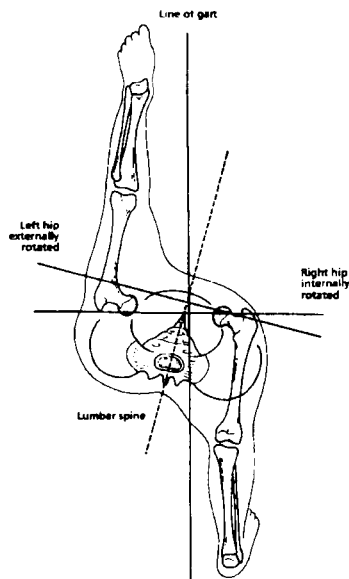


Figura 17: Esquema da rotação da bacia com a marcha. Adaptado de Wall e col. (1981).

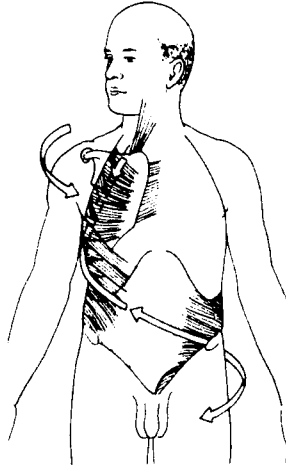


Figura 18: Esquema do sistema muscular espiral do tronco na marcha, cujos principais constituintes são o elevador da omoplata, romboides, dentado anterior, oblíquo externo e oblíquo interno contralateral. Adaptado de Wemyss-Holden e col. (1991).

Estas forças rotacionais são transmitidas de forma ascendente e crescente à coluna lombar e torácica e provavelmente neutralizadas a nível torácico pela acção da caixa torácica, que funciona assim como sistema tampão¹⁷.

A PTAT E O “CONTRAPPOSTO”

A PTAT dá uma informação sobre o contorno do tronco em toda a sua extensão desde a bacia até aos ombros. O seu método informático permite calcular instantaneamente o ângulo de rotação do tronco para qualquer nível desejado. Os dois níveis seleccionados para este estudo (horizontal mamilar e horizontal umbilical) foram previamente considerados ilustrativos das torsões sofridas durante a marcha. A ideia inicial subjacente seria, neste caso, que as torsões poderiam revelar-se maiores no sexo feminino, sugerindo uma pista para o predomínio desta deformidade neste sexo. Os resultados (ver Quadro I) apontam inequivocamente para um maior fenómeno torsional no sexo feminino na posição de “contrapposto”. Não se pode

ignorar que o estudo incidiu sobre uma posição estática “figurando movimento” e não sobre a real dinâmica da marcha. A posição de “contrapposto” pareceu-nos um recurso legítimo na encenação do movimento em posição parada, único modo de análise permissível pela PTAT.

A perfilometria tridimensional automatizada do tronco parece poder dar-nos várias informações que ajudarão a entender, sob um ponto de vista biomecânico, ser a escoliose idiopática do adolescente muito mais frequente no sexo feminino.

Vários elementos há muito suspeitados como valorizáveis neste campo: 1) nos adolescentes do sexo feminino a bacia é proporcionalmente mais larga que nos adolescentes do sexo masculino aumentando o efeito gerador de forças rotacionais durante a marcha; 2) existem assimetrias rotacionais nos membros inferiores dos adolescentes com escoliose idiopática em especial na anteversão femoral nas curvaturas lombares e toracolombares e na torção tibial nas curvaturas torácicas; 3) no sexo feminino o tórax é proporcionalmente mais estreito em relação à altura que no sexo masculino, o que associado à maior verticalização das costelas e consequente aumento dos ângulos costo-vertebrais diferenciais, torna o sexo feminino menos resistente às forças rotacionais deformantes da marcha sobre a coluna.

Neste estudo, alguns deste quesitos aparecem fundamentados nas informações recolhidas, abrindo horizontes para investigação futura.

Referências

1. **Agadir M, Sevastik B, Reinholt FP, Perbeck L, Sevastik JA.** Vascular Changes in the Chest Wall After Unilateral Resection of Intercostal Nerves in The Growing Rabbit. *J Orthop Res* 8:283-290, 1990.
2. **Andrews P.** Molecular Evidence for Catarrhine Evolution. In *Major Topics in Primate and Human Evolution*, 107-129, Wood, Martin & Andrews (Ed), Cambridge University Press, 1996.
3. **Barnes PD.** Atypical Idiopathic Scoliosis: MR Imaging Evaluation *Radiology* 186:247-253, 1993.
4. **Beals RK.** Nosologic and Genetic Aspects of Scoliosis. *Clin Orthop* 93:23, 1973.
5. **Bell M, Teebi AS.** Autosomal Dominant Idiopathic Scoliosis? *Am J Med Genet* 55: 112, 1995.
6. **Binns M.** Joint Laxity in Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 70B:420-422, 1988.
7. **Barrack RL, Whitecloud TS, Burke SW, Cook SD, Harding AF.** Proprioception in Idiopathic Scoliosis. *Spine* 9:681-685, 1984.
8. **Bonde N.** Cladistic Classification as Applied to Vertebrates. In *Major Patterns in Vertebrate Evolution*, 741-804, Hecht, Goody & Hecht (Ed), Plenum, New York, 1977.
9. **Butler PB, Major RE.** The Learning of Motor Control. Biomechanical Considerations. *Physiotherapy* 78:6-11, 1992.
10. **Cann RL, Brown WM, Wilson AC.** Polimorphic Sites and the Mechanism of Evolution in Human Mitochondrial DNA. *Genetics* 106:479-499, 1984.
11. **Carr AJ.** Adolescent Idiopathic Scoliosis in Identical Twins. *J Bone J Surg* 72B:1077, 1979.
12. **Carr AJ, Ogilvie DJ, Wordsworth BP.** Segregation of Structural Collagen Genes in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 274:305-310, 1992.
13. **Cartmill M.** Rethinking Primates Origins. *Science* 184:43-463, 1982.
14. **Case Western University: S.A.G.E. Statistical Analysis for Genetic Epidemiology.** Cleveland, Department of Epidemiology and Biostatistics, 1998.

15. Cook SD, Harding AF, Burke SW. Upper Extremity Proprioception in Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 213:118-124, 1986.
16. Cowell HR, Hall JN, MacEwen GD. Genetic Aspects of Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 86:121, 1972.
17. Czeizel A, Bellyei A, Barta O. Genetics of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Med Genet* 15: 424, 1978.
18. Dastyh M, Vlach O. Zinc Status in Patients with Idiopathic Scoliosis. *Spine* 15:65-66, 1990.
19. Day MH. Bipedalism: Pressures, Origins and Modes. In *Major Topics in Human and Primates Evolution*, 188-202, Wood, Martin & Andrews (Ed), Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
20. DeGeorge FV, Fisher RL. Idiopathic Scoliosis: Genetic and Environmental Aspects. *J Med Genet* 4:251, 1967.
21. Dietz CH. Marfan Syndrom Caused by A Recurrent *De Novo* Missense Mutation in The Fibrillin Gene. *Nature* 352:337-339, 1991.
22. Dickson RA, Lawton JO, Archer IA, Butt WP. The Pathogenesis of Idiopathic Scoliosis: Biplanar Spinal Asymmetry. *J Bone J Surg* 66B:8-15, 1984.
23. Echenne B, Barneon G, Pages M. Skin Elastic Fiber Pathology and Idiopathic Scoliosis. *J Ped Orthop* 8:522-524, 1988.
24. Fernandez-Bermejo E, Garcia-Jimenez MA, Fernandez-Palomeque C, Munuera L. Adolescent Idiopathic Scoliosis and Joint Laxity. A Study with Somatosensory Evoked Potentials. *Spine* 18:918-922, 1993.
25. Fidler MW, Jowett RL. Muscle Imbalance in The Ethiology of Scoliosis. *J Bone J Surg* 58B:200-201, 1976.
26. Filho NA, Thompson MW. Genetic Studies in Scoliosis. *J Bone J Surg* 53A: 199, 1976.
27. Ford DM, Bagnall KM, McFadden KD, Greenhill BJ, Raso VJ. Paraspinal Muscle Imbalance in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 9:373-376, 1984.
28. Funatsu K. Familial Incidence in Idiopathic Scoliosis. In *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 54:633, 1980.
29. Gaertner RL. Idiopathic Scoliosis in Identical Twins. *South Med J* 72:231, 1979.
30. Garland HG. Hereditary Scoliosis. *B M J* 1:328, 1934.

31. Geissele AE, Kransdorf MJ, Geyer CA, Jelinek JS, Van Dam BE. Magnetic Resonance Imaging of The Brain Stem in adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 16:761-763, 1991.
32. Gibson JNA, McMaster MJ, Scrimgeour CM. Rates of Muscle Protein Synthesis in Paraspinal Muscles: Lateral Disparity in Children with Idiopathic Scoliosis. *Spine* 9:373, 1984.
33. Goldberg, Dowling FE, Fogerty EE, Moore DP. Adolescent Idiopathic Scoliosis and Cerebral Asymmetry. An Examination of a Non Spinal Perceptual System. *Spine* 20:1685-1691, 1995.
34. Grivas TB, Burwell RG, Purdue M, Webb JK, Moulton A. A Segmental Analysis of Thoracic Shape in Chest Radiographs of Children. Changes Related to Spinal Level, Age, Sex, Side and Significance for Lung Growth and Scoliosis. *J Anat* 178:21-38, 1991.
35. Hadley-Miller N, Mims B, Milewicz DM. The Potential Role of The Elastic Fiber System in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 76 A: 1193-1206, 1977.
36. Harrington PR. The Etiology of Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 126:17-21, 1977.
37. Hays JD. Variations in Earth Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science* 10:335-350, 1976.
38. Henning W. In *Philogenetics Systematics*. University of Illinois Press, 1979.
39. Hilibrand AS, Blakemore LC, Loder RT. The Role of Melatonin in The Pathogenesis of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 21:1140-1146, 1996.
40. Hull BL. Scoliosis in Biovular Twins. *J Bone J Surg* 43B:285, 1961.
41. Huxley JS. Evolutionary Process and Taxonomy with Special Reference to Grades. In *Disorders of the Foot*, Jahss (Ed), W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1982.
42. Jones JS. The Origin of *Homo sapiens*: The Genetic Evidence. In *Primate and Human Evolution*, 331-350, Wood, Martin & Andrews (Ed), Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
43. Keith A. Anatomical Notes of Malay Apes. *J Straits Br Roy Asiat Soc* 23: 77-94, 1891.
44. Kesling KL, Reinker KA. Scoliosis in Twins. A Meta-Analysis of the Literature and Report of Six Cases. *Spine* 22: 2009, 1997.

45. **Kindsfater K, Lowe T, Lawellin D.** Levels of Platelet Calmodulin for The Prediction of Progression and Severity of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 76 A: 1186-1192, 1994.
46. **Krogman WM.** Man's Posture: Where from? Where to? *Clin Orthop* 25:98-109, 1962.
47. **Lee B.** Linkage of Marfan Syndrom and a Phenotypically Related Disorder to Two Different Fibillin Genes. *Nature* 352:330-334.
48. **Lewonowsky K.** Routine Use of Magnetic Resonance Imaging in Idiopathic Scoliosis Patients Less than Eleven Years of Age. *Spine* 17:109-116, 1991.
49. **Lidstrom J, Friberg S, Lindstrom L.** Postural Controls in Siblings to Scoliosis Patients and Scoliosis Patients. *Spine* 13:1070-1074, 1988.
50. **MacEwen GD.** Familial Incidence of Idiopathic Scoliosis and Experimental Scoliosis. In *New York, Columbia Presbyterian Medical Center, New York Orthopaedic Hospital*, 1969.
51. **Machida M, Dubousset J, Imamura Y.** An Experimental Study in Chickens for the Pathogenesis of Idiopathic Scoliosis. *Spine* 18:1609-1611, 1993.
52. **Machida M, Dubousset J, Imamura Y.** Melatonin: A Possible Role in Pathogenesis of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 21:1147-1152, 1996.
53. **Maguire J.** Intraoperative Long-Latency Reflex Activity in Idiopathic Scoliosis Demonstrates Abnormal Central Processing. A Possible Cause of Idiopathic Scoliosis. *Spine* 18: 1621-1626, 1993.
54. **Martin RD.** Primates: A Defenition. In *Major Topics in Primate and Human Evolution*, 1-31, Wood, Martin & Andrews (Ed), Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
55. **McKinley LM, Leatherman KD.** Idiopathic and Congenital Scoliosis in Twins. *Spine* 3: 227, 1978.
56. **Mendes JC.** *As Origens do Homem: Bases Anatômicas da Hominização*. Fundação. Callouste Gulbenkian, Lisboa, 1985.
57. **Miller NH, Mims B, Child A.** Genetic Analysis of Structural Elastic Fibers and Collagen Genes in Familial Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Orthop Res* 14:994-999, 1996.

58. **Miller NH, Sponseller PD, Shugert E, Bell J, Schwab D, Maestri N.** Genomic Search for X-Linkage in Familial Adolescent Idiopathic Scoliosis. In *Research into Spinal Deformities* 2: 209-212, I.A.F. Stokes (Ed), IOS Press, 1999.
59. **Murdoch G.** Scoliosis in Twins. *J Bone J Surg* 41B: 736, 1959.
60. **Normelli H, Sevastik JA, Akrivos J.** The Length and Ash Weight of The Ribs in Normal and Scoliotic Persons. *Spine* 10:590-592, 1985.
61. **Normelli H, Sevastik JA, Wallberg H.** The Thermal Emission from The Skin and The Vascularity of The Breasts in Normal and Scoliotic Girls. *Spine* 11:405-408, 1986.
62. **Pal GP.** Mechanism of Production of Scoliosis: A Hypothesis. *Spine* 16:288-292, 1991.
63. **Putrillaux B.** Étude Chromosomic des Ancêtres e L'homme. *Antrop* (Paris), 89:125-133, 1985.
64. **Riseborough EJ, Wynne-Davies R.** A Genetic Survey of Idiopathic Scoliosis in Boston, Massachussets. *J Bone J Surg* 55A: 974, 1973.
65. **Roaf R.** Rotation Movements of The Spine with Special Reference to Scoliosis. *J Bone J Surg* 40B:312-332, 1958.
66. **Robin GC, Cohen T.** Familial Scoliosis: A Clinical Report. *J Bone J Surg* 57B: 146, 1975.
67. **Sahlstrand T, Petruson B.** A Study of Labyrinthine Function in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. I. An Electro-Nystagmographic Study. *Acta Orthop Scand* 50:759-769, 1979.
68. **Schmitt O.** Treatment of Idiopathic Scoliosis with Daily Short-Term Electrostimulation. In *Electrical Stimulation and Neuromuscular Disorders*, 132-143, Nix, W.A. & Vrbova (Ed), Springer Verlag, Heidelberg, 1986.
69. **Scott TF, Bailey RW.** Idiopathic Scoliosis in fraternal Twins. *J Mich Med Soc* 62:283, 1963.
70. **Serra LA.** Posição e Marcha Bípede. *Rev Port Ortop Traum* 2:281-289, 1994.
71. **Sevastik JA.** Animal Experiments in Scoliosis Research. A Critical Review. *Eur J Exp Musculoskel Res* 2:51-60, 1993.
72. **Somerville EW.** Rotational Lordosis: The Development of The Single Curve. *J Bone J Surg* 34B:421-427, 1952.

73. **Stokes IAF, Aronsson DD, Urban JPG.** Biomechanical Factors in Progression of Skeletal Deformities: A Review. *Eur J Exp Musculoskel Res* 3:51-60, 1994.
74. **Stokes IAF, Aronsson DD, Urban JPG.** Mechanical Modulation of Vertebral Body Growth. Implications for Scoliosis Progression. *Spine* 21:1162-1167, 1996.
75. **Strauss WL.** Fossil Evidence of the Evolution of the Erect, Bipedal Posture. *Clin Orthop* 25:9-19, 1962.
76. **Wall JC, Nottrodt JW, Charteris J.** The Effects of Uphill and Downhill Walking on Pelvic Oscillations in the Transverse Plane. *Ergonomics* 24:807-816, 1981.
77. **Wemyss-Holden Sa, Burwell RG, Cook TA, Binch C, Webb JK, Moulton A.** A Spiral Composite Muscle Trunk Rotator in Man? Relevance to Gait, Idiopathic Scoliosis and Sportsman's Scoliosis and Stroke. *Clin Anatomy* 4:386, 1991.
78. **Wong YC, Yau AC, Low WD.** Ultrastructural Changes in The Back Muscles of Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2:251- 254, 1977.
79. **Wood BA, Chamberlain AT.** Australopithecus: Grade or Clade? In *Major topics in Primate and Human Evolution*, 220-248, Wood, Martin & Andrews (Ed), Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
80. **Wood P.** The Paragon of Animals. In *Life before Man. The Emergence of Man*, Time Life Books, Brussels, 1983.
81. **Woods LA, Haller RJ, Hansen PD, Fukumoto DE, Herman RM.** Decreased Incidence of Scoliosis in Hearing-Impaired Children: Implications for a Neurological Basis for Idiopathic Scoliosis. *Spine* 20:776-781, 1995.
82. **Wyatt MP, Barrack RL, Mubarak SJ, Whitecloud TS, Burke SW.** Vibratory Response in Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 68B:714- 718, 1986.
83. **Wynne-Davies R.** Familial Idiopathic Scoliosis: A Family Survey. *J Bone J Surg* 50B:24, 1968.
84. **Yamada K, Yamamoto H, Nakagawa Y, Tezuka A, Tamura T, Kawata S.** Etiology of Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 184:50-57, 1984.
85. **Yarom R, Robin GC.** Studies of Spinal and Peripheral Muscles from Patients with Scoliosis. *Spine* 4:12-14, 1979.
86. **Yekutieli M, Robin GC, Yarom R.** Proprioceptive Function in Children with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 6:560-566, 1981.

II

No Tratamento Conservador

II - No Tratamento Conservador

Introdução

O tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente é um assunto muito polémico não só pelas suas indicações e resultados, que não têm sido concordantes para diversos autores ao longo dos tempos, mas também porque inerente a ele está a eficácia ou não dos programas de rastreio, com todas as implicações de custos e sobrecarga dos serviços de saúde já referidos na 2ª parte. O problema põe-se nestes termos porque, sendo a escoliose idiopática do adolescente uma doença de causa desconhecida e portanto não prevenível, a sua detecção precoce só será positiva se alguma forma de tratamento, teoricamente simples e não invasiva, conseguir curá-la ou evitar a sua progressão e a necessidade de tratamento cirúrgico. É esta capacidade do tratamento conservador de curar a doença ou evitar a sua progressão numa fase precoce, em comparação com a história natural da mesma que está na base de opiniões contraditórias, umas favoráveis^{2,3,6,9,13,20,22,25,29,30,31,38,40,42,43,44,47,51,52,53,56,57}, outras desfavoráveis^{24,26,41}.

Aspectos Históricos

As deformidades da coluna vertebral, incluindo a escoliose, são descritas pela 1ª vez por Hipócrates em "De Articulationes" do *Corpus Hippocraticum*. Com o brilhantismo admirável que o caracterizou, Hipócrates referia numa passagem que "Há muitas variedades de curvaturas da coluna mesmo em pessoas que se encontram de boa saúde, pois resultam da conformação normal e do hábito e a coluna é susceptível de ser deformada pela idade avançada e pelas dores"¹.

Mencionou ainda a possível relação entre deformidades da coluna vertebral e doença pulmonar, referiu o mau prognóstico das

deformidades com início precoce, bem como a dificuldade e ineficácia do tratamento. O tratamento das deformidades da coluna era realizado com tracção horizontal forçada combinada com distracção axilar e membros inferiores em suspensão, usando para o efeito o engenho por si criado, Fig.1.



Figura 1: Engenho atribuído a Hipócrates por F. Adams (1849).

O método Hipocrático no tratamento das deformidades da coluna vertebral manteve-se em prática com Galeno (século II) e na Idade Média.

No século XVI, Ambroise Paré acrescentou pela 1.^a vez ao método Hipocrático o uso de coletes metálicos confeccionados por fabricantes de armaduras⁴⁵.

No século XVIII André, a quem se deve a definição de Ortopedia como “a arte de prevenir e corrigir nas crianças as deformidades do corpo”, recomendou o uso de coletes e exercícios físicos no tratamento das curvaturas da coluna vertebral⁵.

É já no século XIX com Louis Albert Sayre que surge o 1.º colete gessado confeccionado em suspensão⁴⁸, surgindo também nos finais deste século coletes sofisticados do tipo Hessing e Bigg¹⁴.

Também nos finais do século XIX surgem as mesas horizontais de Bradford e Brackett¹⁷, para correcção mecânica das deformidades da coluna vertebral e confecção de coletes gessados, percussoras das de Risser e Cotrel²³, desenvolvidas já no século XX e ainda em uso nalguns Centros Mundiais.

Com o início do tratamento cirúrgico da escoliose, em 1914 com Hibbs³⁴, através da fusão vertebral, o entusiasmo pelo tratamento das deformidades da coluna vertebral com coletes, até aqui usados de forma extensiva começou a esbater-se. Mas, com o elevado número de insucessos em termos correctivos nas intervenções cirúrgicas e a enorme taxa de complicações, nomeadamente infecções e pseudartroses, é reassumido universalmente nas décadas de 30 e 40 o tratamento com coletes e exercícios físicos. É neste contexto, que em 1945 Blount e Schmidt^{15,16} desenvolvem o colete de Milwaukee, inicialmente usado como suporte e correcção pós-operatória, mas posteriormente como método de tratamento não cirúrgico da escoliose. Inicialmente volumoso e desconfortável, o seu desenho e constituição foram progressivamente melhorados sendo ainda hoje considerado a referência moderna em termos de ortóteses para o tratamento das escolioses. O colete de Milwaukee é uma ortótese cervicotoracolumbosagrada e a partir desta várias outras ortóteses usadas no tratamento conservador das escolioses foram surgindo ao longo dos anos subsequentes, algumas delas sem o componente cervical e designadas ortóteses toracolumbosagradas, sendo geralmente denominadas pela cidade onde foram desenvolvidas tais como os coletes de Boston, Miami, Wilmington e Pasadena.

Outros foram denominados pelo nome do seu criador ou desenhador, como o colete de Chêneau nos anos 80²² e ainda outros mais recentes que assumiram denominações pelos seus presumíveis efeitos correctores, como sejam o colete curto de acção progressiva (PASB)⁹ e o colete tridimensional (3D B)⁸.

À grande euforia na utilização de ortóteses no tratamento conservador de escolioses idiopáticas do adolescente nas décadas de 60 e 70, do séc. XX, com elevado número de publicações de resultados positivos seguiu-se na década de 80 e início da de 90

uma atitude negativista questionando-se mesmo a sua utilidade. Encontramo-nos actualmente numa posição intermédia de moderação, com respeito pelos critérios objectivos das suas indicações⁵⁷.

Tipos de Tratamento Conservador

Como único método de tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente, na Unidade de Deformidades da Coluna Vertebral do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António, são usadas as ortóteses cervicotoracolumbosagradas (colete de Milwaukee^{15,16}) e toracolumbosagradas (colete de Boston²⁹).

Os exercícios do tipo respiratório, de mobilização passiva e activa, não são em si uma forma de tratamento conservador mas sim um complemento do mesmo. O mesmo se poderá dizer da tracção seja em mesas apropriadas do tipo Risser e Cotrell para confecção de gessos correctores ou pós-operatórios, seja com halo no período intermédio nas intervenções cirúrgicas em 2 tempos.

Os coletes gessados correctores, método de tratamento muito importante na escoliose idiopática infantil progressiva, raramente são usados na escoliose idiopática do adolescente, embora sejam usados por alguns autores de reputação mundial reconhecida como Miss M. Mehta no Royal National Orthopaedic Hospital, em Londres, com quem o autor teve a oportunidade de conviver e trabalhar no ano de 1992.

O uso da estimulação eléctrica de superfície no tratamento da escoliose idiopática foi descrito em finais do séc. XIX por Seiler em Paris⁴⁹, contudo, só nos anos 70 e 80 do séc. XX foi usado com frequência no tratamento da escoliose idiopática do adolescente, nomeadamente na América do Norte. Consiste na aplicação de correntes eléctricas de pequena intensidade através de eléctrodos estrategicamente colocados em determinados pontos da superfície cutânea posterior do tronco^{10,11,18,39} e o seu mecanismo de acção permanece desconhecido, embora efeitos de contracção e reforço muscular, remodelação óssea e estimulação neurológica lhe sejam atribuídos. Vários estudos sobre o método de aplicação e resultados da estimulação eléctrica na escoliose idiopática do adolescente foram publicados, com referência a resultados positivos e promissores^{10,11,18,39}, contudo, estudos mais recentes e objectivos vieram provar a ineficácia da estimulação eléctrica como forma de tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente^{44,47,57}.

Estudo Prospectivo sobre o tratamento conservador

Objectivo

Avaliar o grau de eficácia do tratamento conservador com ortóteses, segundo os seus efeitos detectados no exame clínico, no estudo radiográfico e na perfilometria tridimensional automatizada do tronco (PTAT). Acessoriamente, testar o grau de sensibilidade da PTAT para avaliar resultados do tratamento conservador com ortóteses num curto período evolutivo.

Material e Métodos

Considerou-se um tempo evolutivo de dois anos de tratamento (1997 e 1998) e compararam-se os dados obtidos no exame clínico, no estudo radiográfico e na perfilometria tridimensional automatizada do tronco em 16 doentes com escoliose idiopática do adolescente. Todos eram do sexo feminino. As curvas eram torácicas em 7 casos, toracolumbares em 3 casos, lombares num caso e duplas em 5 casos, Quadro I. Os valores do ângulo de Cobb variaram de 25° a 44°; a rotação vertebral, medida pelo método de Perdriolle, variando entre 5° e 20° e o índice de Risser variando entre 0 e 1, Quadro II.

Quadro I: Análise Descritiva Clínica

Caso	Idade	Sexo	Curva	Seguimento (meses)	Colete
1	12 anos	Feminino	TL	24	Boston
2	13 anos	Feminino	T+L	24	Milwaukee
3	14 anos	Feminino	T	24	Milwaukee
4	14 anos	Feminino	T	24	Boston
5	13 anos	Feminino	T	18	Milwaukee
6	12 anos	Feminino	TL	18	Boston
7	12 anos	Feminino	L	18	Boston
8	12 anos	Feminino	T+L	18	Milwaukee
9	12 anos	Feminino	T	18	Milwaukee
10	14 anos	Feminino	T+L	12	Milwaukee
11	14 anos	Feminino	TL	12	Boston
12	12 anos	Feminino	T	12	Milwaukee
13	14 anos	Feminino	T+L	12	Milwaukee
14	13 anos	Feminino	T	12	Boston
15	11 anos	Feminino	T	12	Milwaukee
16	12 anos	Feminino	T+L	12	Milwaukee

Em relação aos valores da topografia do tronco fornecidos pela PTAT, o índice de simetria do tronco (IST) na avaliação inicial variou entre 18 e 45, o índice de assimetria transversal anterior (IATA) entre 12 e 22 e o índice de assimetria transversal posterior (IATP) entre 20 e 50, Quadro III. O tipo de ortótese utilizada dependeu do tipo de escoliose, sendo usado o colete de Boston em todos os casos de curvas lombares, toracolumbares, duplas e torácicas cuja vértebra apical se localizasse distalmente a T8 e o colete de Milwaukee nos restantes casos.

Quadro II: Análise Descritiva Radiográfica

	Risser	Ângulo de Cobb inicial	Rotação inicial
1	0	28	10
2	1	28	5
3	1	25	5
4	1	32	10
5	0	30	10
6	0	26	5
7	0	31	10
8	0	35	15
9	1	27	15
10	1	44	20
11	1	30	15
12	0	35	20
13	1	38	15
14	1	30	10
15	0	36	10
16	0	38	15

Quadro II: Análise Descritiva (PTAT)

	IST	IATA	IATP
1	30	18	34
2	36	18	36
3	28	13	24
4	22	12	30
5	20	12	25
6	20	16	28
7	24	14	20
8	34	20	36
9	30	18	34
10	45	22	50

11	20	15	32
12	28	17	28
13	32	16	26
14	18	16	24
15	40	20	30
16	32	20	30

A todos os doentes, além de observação clínica, exame radiográfico inicial e com colete, foram realizados exames com PTAT. Todas as avaliações foram repetidas de 6 em 6 meses. O exame clínico, medições radiográficas e PTAT foram efectuados pelo mesmo autor (A.F.O.). O tempo de seguimento variou entre o mínimo de 12 eo máximo de 24 meses.

Resultados

Na análise dos resultados deste estudo constata-se que houve progressão das curvaturas escolióticas em 4 dos 16 casos, (25% dos casos), usando como critério de progressão o aumento radiográfico do ângulo de Cobb superior a 5°.

Relativamente à variação dos dados *globais*, quer radiográficos quer da PTAT, houve melhoria de todos os valores, contudo com variações percentuais muito pequenas para o ângulo de Cobb, rotação vertebral (radiografia) e para o índice de simetria do tronco (PTAT). As variações percentuais foram mais notórias e positivas para os índices de assimetria transversal anterior e posterior (PTAT), Quadro IV.

Quadro IV: Valores Iniciais e no "Follow-Up"

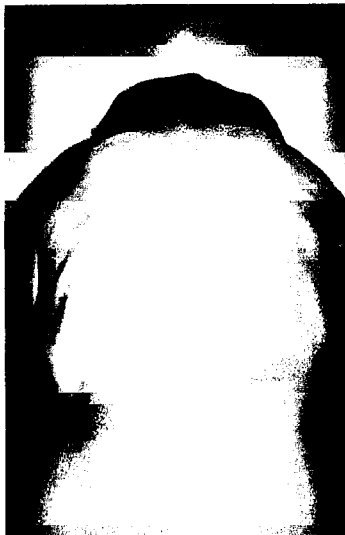
Ang. de Cobb	Rotação	IST	IATA	IATP
32,06-31,50 (2%)	11,56-11,88 (3%)	29,18-28,37 (3%)	17,00-15,25 (11%)	30,46-28,26 (7%)

Nas curvaturas torácicas, que apresentaram uma tendência para a melhoria na avaliação radiográfica, como acima foi referido, em mais de 50% dos casos constatou-se pela PTAT um efeito negativo traduzido por um desvio anterior e lateral do eixo global do centroide de massa. Esses efeitos (do colete) foram registados como negativos porque traduzem redução da cifose fisiológica e modelação paradoxal pela ortótese.

Discussão

Fazendo uma análise comparativa dos resultados deste estudo com os dados conhecidos sobre a história natural da escoliose não tratada em que seria de prever um agravamento das curvaturas em cerca de 68% dos casos³⁷, pois tratava-se de escolioses com ângulo de Cobb superior a 20° e em doentes com índice de Risser de 0 ou 1, conclui-se que apesar do tamanho reduzido da amostra e do pouco tempo de seguimento houve benefícios com o tratamento com ortóteses.

Também parece evidente que a melhoria dos índices de assimetria no plano transversal foi superior à dos índices radiográficos ou do índice de assimetria no plano frontal, o que está de acordo com a convicção do autor que as ortóteses melhoram o componente transversal e inestético da deformidade, mesmo nos casos em que houve estabilização ou pequeno agravamento nos índices radiográficos, Fig.3.



(a)



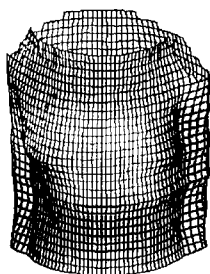
(b)



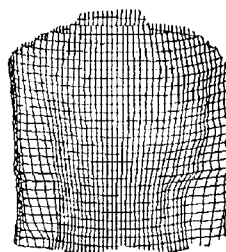
(c)



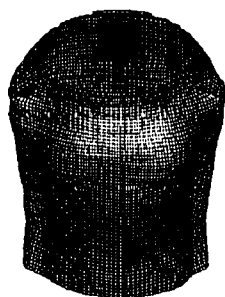
(d)



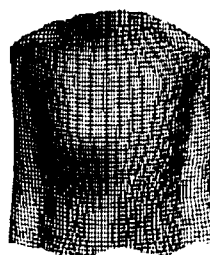
(e)



(f)



(g)



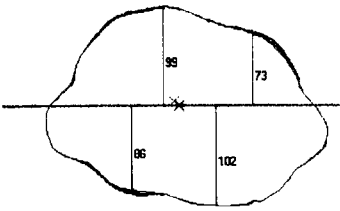
(h)

IATA=62

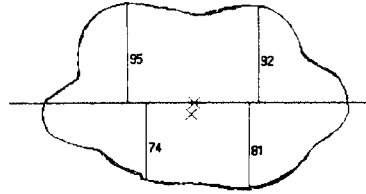
IATP=42

IATA=5

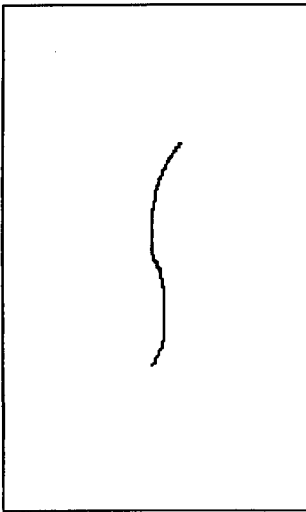
IATP=13



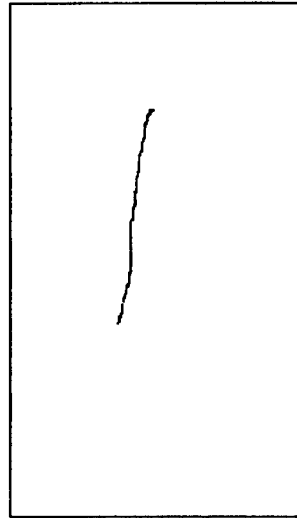
(i)



(j)



(k)



(l)

Figura 3: Fotografia de doente com escoliose idiopática direita (a) e com colete de Milwaukee (b); Radiografia antes (c) e após 1 ano de uso de colete (d), com agravamento de 2°; Representações tridimensionais de PTAT, antes do uso do colete, com vista anterior (e) e posterior (f); Representações tridimensionais de PTAT, após uso de colete, com vista anterior (g) e posterior (h), com melhoria morfológica evidente; Cortes transversais de PTAT antes (i) e após uso de colete (j), com melhoria evidente dos índices de assimetria transversal anterior (IATA) e posterior (IATP) e consequentemente do aspecto morfológico; Representação do eixo do centro de massa em perspectiva lateral, antes da colocação do colete (k) e após uso do mesmo (l), sendo evidente a translação anterior do mesmo, com diminuição da cifose torácica.

O uso de coletes pode interferir com a função respiratória^{4,21,35,50} e renal² e está associado a problemas de ordem psicológica^{7,12}. Provoca numa percentagem significativa de casos, especialmente nas escolioses torácicas, desvio anterior e lateral do centro de massa^{8,36} e consequentemente diminuição ou inversão da cifose torácica, o que deverá ser tomado em linha de conta na confecção das ortóteses. Nesse sentido recomenda-se que a almofada correctora ao nível da gibosidade paravertebral deve ser colocada lateralmente e não posteriormente, devendo existir um apoio anterior contralateral, Fig. 4.

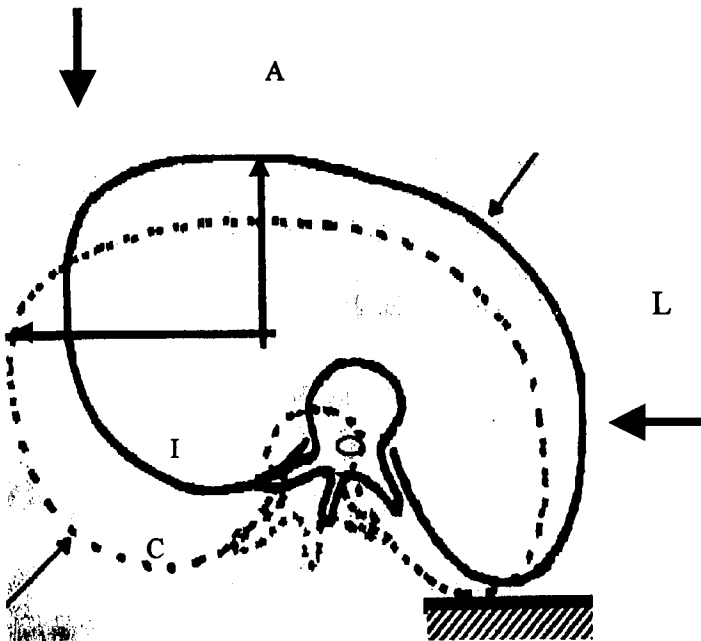


Figura 4: Esquema representando em corte o modelo de colete tendente a contrariar o indesejado desvio anterior e lateral do centro de massa. A almofada “correctora” principal deverá ser colocada lateralmente (L) e uma outra, anteriormente (A) funcionando esta como apoio anterior contralateral. Pretende-se que em corte axial se passe da situação inicial (I) para a corrigida (C). Adaptado de Aubin e col. (1996).

Modelo Computorizado da Ortótese

A PTAT permite a criação computadorizada do modelo tridimensional do colete ajustado à especificidade de cada caso e dispensa a realização de molde tradicional, Fig. 2, facto que se pode considerar revolucionário e interessante na prática clínica diária.

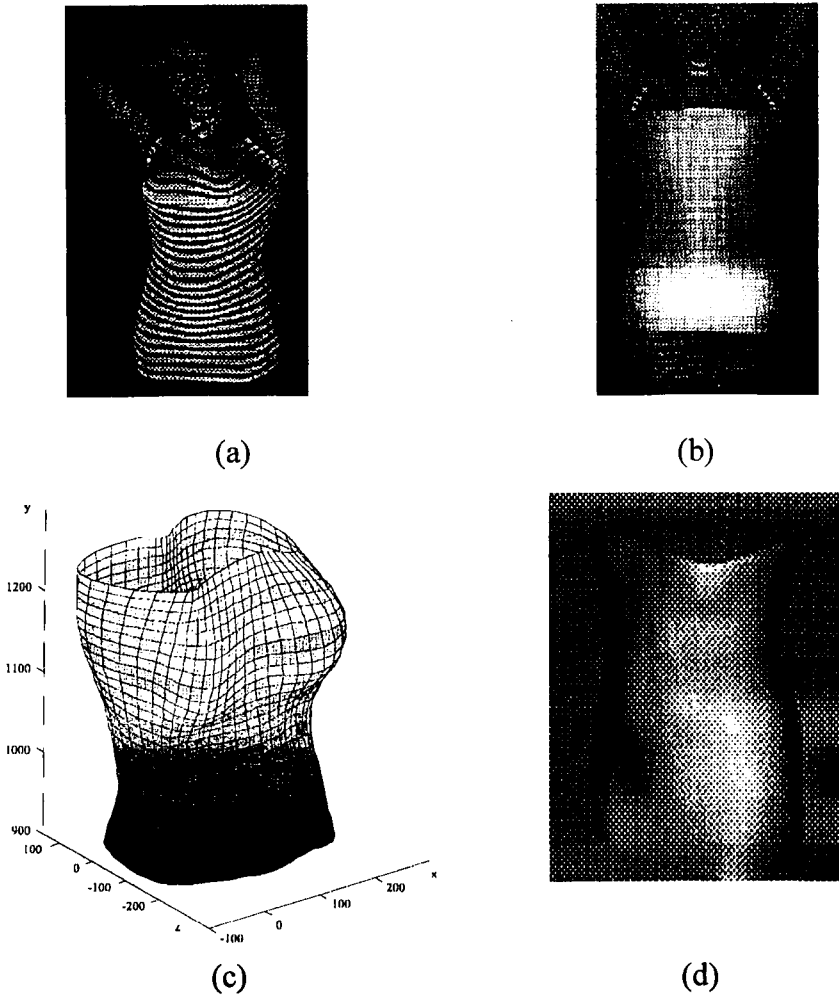


Figura 2 (a) (b) (c) (d): Fases da “confecção” de modelo computadorizado de colete.

Conclusões

A Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco (PTAT) tem utilidade clínica no tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente permitindo:

Uma avaliação dos resultados numa perspectiva tridimensional de todo o tronco,

A realização de avaliações sucessivas e repetidas sem efeitos nocivos para os doentes,

A detecção e quantificação de efeitos benéficos provocados pela ortótese: melhoria da deformidade paravertebral, bem como efeitos negativos: translação anterior e lateral do centroide de massa corporal (modelação paradoxal), que não são apreendidos pelos meios habitualmente usados,

A criação de modelo computadorizado da ortótese, adequado à individualidade de cada caso.

O tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente com ortóteses apesar de polémico, desacreditado por alguns autores e dum modo geral mal aceite pelos doentes, tem eficácia na estabilização de algumas deformidades, em comparação com a evolução previsível da história natural da doença.

Referências

1. **Adams F.** *The Genuine Works of Hipócrates*, Vol 2, London, Sudenham Company, 1849.
2. **Aaro S, Berg U.** The Immediate Effect of Boston Brace on Renal Function in Patients with Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 170:243-247, 1982.
3. **Aaro S, Burstrom R, Dahlborn M.** The Derotating Effect of the Boston Brace: A Comparison Between Computer Tomography and a Conventional Method. *Spine* 6:477-482, 1981.
4. **Aaro S, Ohlund C.** Scoliosis and Pulmonary Function. *Spine* 9:220-222, 1984.
5. **André N.** *L'Orthopaedia ou L'Art de Prévenir et de Corriger dans les Enfants les Deformités du Corps*. Paris, 1741.
6. **Andriacchi TP, Schultz AB, Belytschko TB, DeWald RL.** Milwaukee Brace Correction of Idiopathic Scoliosis: A Biomechanical Analysis and a Retrospective Study. *J Bone J Surg* 58A: 806-815, 1976.
7. **Apter A, Morein G, Munita H.** The Psychological Sequealae of the Milwaukee Brace in Adolescent Girls. *Clin Orthop* 131:156-159, 1978.
8. **Aubin CE, Dansereau J, de Guise JA, Labelle H.** A Study of Biomechanical Coupling Between Spine and Rib Cage in the Treatment by Orthosis of Scoliosis. *Ann Chir* 50:641-650, 1996.
9. **Aulisa L, Vinciguerra A, Valassina A, La Ioresta P.** Il Trattamento Ortopedico Mediante Corsetto PASB. *Prog Patl Ver* XII:135-143, 1991.
10. **Axelgaard J, Brown JC.** Lateral Electrode Surface Stimulation for the Treatment of Progressive Idiopathic Scoliosis. *Spine* 8:242, 1983.
11. **Axelgaard J, Nordwall A, Brown JC.** Correction of Spinal Curvatures by Transcutaneous Electrical Muscle stimulation. *Spine* 8:463-481, 1983.
12. **Bengtsson G, Fallstrom K, Jansson B, Nachemson A.** A Psychological and Psychiatric Investigation of the Adjustment of Female Scoliosis Patients. *Acta Psychiat Scand* 50:50-59, 1974.
13. **Berg U, Aaro S.** Long-Term Effect of Boston Brace Treatment on Renal Function in Patients with Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 180:169-172, 1983.

14. **Bigg RH.** *Spinal Curvature*. London Churchill, 1882.
15. **Blount WP.** Use of the Milwaukee Brace. *Orthop Clin North Am* 3:5-16, 1972.
16. **Blount WP.** Schmidt AC, KEEVER ED. The Milwaukee Brace in Operative Treatment of Scoliosis. *J Bone J Surg* 40A:511-529, 1958.
17. **Bradford EH, Brackett EG.** Treatment of Lateral Curvature by means of Pressure Correction. *Boston Med Surg J* 128:463, 1893.
18. **Bradford DS, Tanguy A, Vanselow J.** Surface Electrical Stimulation in the Treatment of Idiopathic Scoliosis: Preliminary Results in 30 Patients. *Spine* 8:757, 1983.
19. **Brown JC, Axelgaard J, Howson DC.** Multicenter Trial of a Noninvasive Stimulation Method for Idiopathic Scoliosis. A Summary of Early Treatment Results. *Spine* 9:382-387, 1984.
20. **Carr WA, Moe JH, Winter RB, Lonstein JE.** Treatment of Idiopathic Scoliosis with the Milwaukee Brace. *J Bone J Surg* 62A:599-612, 1980.
21. **Cochran T, Nachemson A.** Long-Term Anatomic and Functional Changes in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis Treated with the Milwaukee Brace. *Spine* 10:127-133, 1985.
22. **Chêneau, J.** Corset Chêneau. *Manuel D'Orthopédie des Scolioses Suivant la Technique Originale*. Éditions Frison- Roche, Paris, 1994.
23. **Cotrel Y, Morel G.** La Technique de L'EDF dans la Correction des Scolioses. *Rev Chir Orthop* 50:59, 1964.
24. **Dickson RA.** Conservative Treatment for Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 67B:176-181, 1985.
25. **Emans JB, Kaelin A, Bancel P, Hall JE, Miller ME.** The Boston Bracing System for Idiopathic Scoliosis. Follow-up Results in 295 Patients. *Spine* 11:792-801, 1986.
26. **Focarile FA, Bonaldi A, Giarolo MA, Ferrari U, Zilioli E, Ottaviani C.** Effectiveness of Nonsurgical Treatment for Idiopathic Scoliosis. Overview of Available Evidence. *Spine* 16:395-401, 1991.
27. **Goldberg CJ, Dowling FE, Hall JE, Emans JB.** A Statistical Comparison Between Natural History of Idiopathic Scoliosis and Brace Treatment in Skeletally Immature Adolescent Girls. *Spine* 18:902-908, 1993.

28. **Green NE.** Part-time Bracing of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 68A:738-742, 1986.
29. **Hall JE, Miller ME, Shumann W, Stanish W.** A Refined Concept in the Orthotic Management of scoliosis. *Orthop Prosthet* 29:6-19, 1975.
30. **Hall JE, Emans JB, Kaelin A, Bancel P.** Boston Brace System Treatment of Idiopathic Scoliosis. Follow-up in Four Hundred Patients Finished Treatment. *Orthop Trans* 8:148, 1983.
31. **Hanks GA, Zimmer B, Nogi J.** TLSO Treatment of Idiopathic Scoliosis. An Analysis of the Wilmington Jacket. *Spine* 13:626-629, 1988.
32. **Hibbs RA.** An Operation for Progressive Spinal deformities. *N Y Med J* 93:1013, 1911.
33. **Hibbs RA.** A Report of 59 Cases of Scoliosis Treated by Fusion. *J Bone J Surg* 6:3, 1924.
34. **Hibbs RA, Risser JC, Fergusson AB.** Scoliosis Treated by the Fusion Method. An End- Result Study of 360 Cases. *J Bone J Surg* 13:91-104, 1931.
35. **Kennedy JD, Robertson CF, Olinsky A.** Pulmonary Restrictive Effect of Bracing in Mild Idiopathic Scoliosis. *Thorax* 42:959-961, 1987.
36. **Labelle H, Dansereau J, Bellefleur C, Poitras B.** Three-dimensional Effect of the Boston Brace on the Thoracic Spine and Rib Cage. *Spine* 21:59-64, 1996.
37. **Lonstein JE, Carlson JM.** The Prediction of Curve Progression in Untreated Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 66A:1061-1071, 1984.
38. **Lonstein JE, Winter RB.** Milwaukee Brace Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: Review of 1020 Patients. *Orthop Trans* 13:92, 1989.
39. **McCollough NC.** Nonoperative Treatment of Idiopathic Scoliosis Using Surface Electrical Stimulation. *Spine* 11:802-804, 1986.
40. **McCollough NC, Schultz M, Javech N, Latta L.** Miami TLSO in the Management of Scoliosis: Preliminary Results in 100 Cases. *J Ped Orthop* 1:141-152, 1981.
41. **Miller JAA, Nachemson AL, Schultz AB.** Effectiveness of Braces in Mild Idiopathic Scoliosis. *Spine* 9:632, 1984.

42. **Montgomery F, Willner S, Appelgren G.** Long-Term Follow-Up of Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis treated Conservatively: An Analysis of the Clinical Value of Progression. *J Ped Orthop* 10:48-52, 1990.
43. **Mouilleseaux B, Ebermeyer E, Charles C, Dauny G, Hecquet J, Graf H.** "3D" Brace Treatment:"3D" Immediate Effect on Thoracic, Thoracolumbar and Lumbar Scoliotic Curves. In *Research into Spinal Deformities* 2:354-357. I.A.F. Stokes (Ed). IOS Press, 1999.
44. **Nachemson AL, Peterson LE.** Effectiveness of Treatment with a Brace in Girls Who Have Adolescent Idiopathic Scoliosis. A Prospective Controlled Study Based On Data From The Brace Study Of The Scoliosis Research Society. *J Bone J Surg* 77A:815-822,1995.
45. **Paré A.** *Opera Ambrosil Parei.* Paris, Apud Jacobum. Du-Puys, 1582.
46. **Risser JC.** The Application of Body Casts for the Correction of Scoliosis. *Am Acad Orthop Surg.* In *Instructional Course Lectures* 12:255, 1955.
47. **Rowe DE, Bernstein SM, Riddick MF, Adler F, Emans JB, Bonneau DG.** A Meta-Analysis of the Efficacy of Non-Operative Treatments for Idiopathic Scoliosis. *J Bone J Surg* 79A:664-674, 1997.
48. **Sayre LA.** *Spinal Disease and Spinal Curvature: Their Treatment by Suspension and the Use of Plaster of Paris Bandage.* London, Smith Elder and Co, 1877.
49. **Seiler, X.** Dilatation Artificielle du Thorax et Traitement des Déviations de la Colonne Vertébrale, pour une Nouvelle Methode d'Appliquer le Courant d'Induction Galvanique. *Bull Acad R Med Belg* 16:69-74, 1857.
50. **Sevastikoglou JA, Linderholm H, Lindgren U.** Effect of the Milwaukee Brace on Vital and Ventilatory Capacity of Scoliotic Patients. *Acta Orthop Scand* 47:540-545, 1976.
51. **Theologis TN, Jefferson RJ, Simpson AW, Turner-Smith AR, Fairbank JT.** Quantifying the Cosmetic Defect of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 18:909-912, 1993.
52. **Thulbourne T, Gillespie R.** The Rib Hump in Idiopathic Scoliosis. Measurement, Analysis and Response to Treatment. *J Bone J Surg* 58B:64-71, 1976.

53. Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic Scoliosis. Long-term Follow-up and Prognosis in Untreated Patients. *J Bone J Surg* 63A:702-712, 1981.
54. Weisz I, Jefferson RJ, Carr AJ. Back Shape in Brace Treatment of Idiopathic Scoliosis. *Clin Orthop* 240:157-163, 1989.
55. Wickers FC, Bunch WH, Barnett PM. Psychological Factors in Failure To Wear the Milwaukee Brace for Treatment of Idiopathic Scoliosis. *Spine* 18:432-435, 1977.
56. Willers U, Normelli H, Aaro S, Svensson O, Hedlund R. Long-term Results of Boston Brace Treatment on Vertebral Rotation in Idiopathic Scoliosis. *Spine* 18:432-435, 1993.
57. Winter RB. The Pendulum Has Swung Too Far. Bracing for Adolescent Idiopathic Scoliosis in the 1990s. *Orthop Clin North Am* 25:195-204, 1994.

III

No Tratamento Cirúrgico

III- No Tratamento Cirúrgico

Introdução

O tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente é indiscutivelmente a única forma de tratamento efectivo para os casos graves, com grande deformidade, que representam cerca de 10% do total. Tratando-se duma deformidade complexa, tridimensional, vários aspectos relacionados com o seu tratamento cirúrgico merecem ser discutidos:

1. A evolução histórica do tratamento cirúrgico, acompanhando o melhor conhecimento da deformidade e a melhoria das técnicas e materiais cirúrgicos, foi sem dúvida extraordinariamente positivo contudo, continua a ser, quer para o cirurgião crítico e objectivo, quer para os doentes, algo limitado em termos de resultados estéticos,
2. A deformidade estética é a principal queixa dos doentes, por vezes assumida de forma velada e disfarçada, numa doença que atinge predominantemente o sexo feminino, no período crítico da adolescência, com todos os problemas de índole psicológica e social que lhe são inerentes,
3. O tratamento cirúrgico tem sido conceptualmente e de forma simplista dirigido para a correcção duma deformidade radiográfica bidimensional da coluna vertebral, quando a deformidade escoliótica é complexa, tridimensional, envolvendo todo o organismo e de forma especial o tronco,
4. A avaliação dos resultados do tratamento cirúrgico é habitualmente e viciosamente baseada apenas na análise dos resultados da correcção radiográfica (bidimensional) da deformidade da coluna vertebral.

A reflexão que se pretende efectuar sobre o tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente iniciar-se-á numa breve revisão da sua evolução histórica e tem como base de análise e discussão um estudo retrospectivo e outro prospectivo realizados pelo autor (A.F.O.), na Unidade de Deformidades da Coluna do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António, em que para além dos parâmetros habitualmente usados na avaliação dos resultados se procedeu à aplicação clínica da Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco.

Aspectos Históricos

Embora as primeiras intervenções cirúrgicas em escolioses, descritas na Literatura, remontem ao séc. XIX com Guérin⁵ e Volkman²¹, que no início do referido século e finais do mesmo respectivamente, efectuaram operações que se podem considerar “paliativas”, o primeiro defendendo a realização de miotomias e o segundo a ressecção de costelas proeminentes em doentes com escolioses, é com Hibbs⁹ em 1914, que surge o primeiro método efectivo de tratamento cirúrgico da escoliose através da artrodese vertebral.

Em 1931, Hibbs juntamente com Risser e Ferguson¹⁰, publicam os resultados do tratamento cirúrgico em 360 doentes com escoliose, através da artrodese vertebral e gessos correctores, popularizados como gessos de Risser, sendo notória a elevada percentagem de insucessos, para os padrões actuais. Com a melhoria das técnicas cirúrgicas de artrodese vertebral e imobilização pós-operatória, os resultados em termos de correcção e complicações vieram a melhorar progressivamente.

O uso de instrumentação na correcção cirúrgica da escoliose introduzido por Harrington nos anos 60 do séc. XX^{6,8}, constituiu a 1ª geração da instrumentação vertebral posterior e é ainda hoje considerada por muitos como o passo mais importante na evolução histórica do tratamento cirúrgico da escoliose. Com o uso da instrumentação de Harrington, não só foi possível obter melhores índices de correcção da deformidade no plano frontal como também pela estabilidade conseguida, permitiu a deambulação dos doentes com coletes gessados ou outros.

Nos anos 70 do séc. XX, surgem com Resina & Ferreira Alves¹⁶ e Eduardo Luque¹¹ novos conceitos na instrumentação posterior da escoliose, nomeadamente com a introdução de aramagens

segmentares, permitindo melhorar a correcção nos planos frontal e sagital e pela sua maior estabilidade dispensar a imobilização pós-operatória, constituindo-se a 2ª geração da instrumentação posterior.

Nos anos 80 do séc. XX Cotrel & Dubousset² criam uma nova instrumentação posterior, conhecida universalmente por instrumentação CD, baseada num instrumental sólido, com barras rígidas, ganchos de vários tipos, dispositivo de tracção transversal e tendo por filosofia básica de correcção a célebre manobra de desrotação, pretendendo-se uma correcção da deformidade escoliótica, com transposição da deformidade no plano frontal para o plano sagital. A instrumentação "CD" considerada a 3ª geração da instrumentação posterior é precursora daquela que se pode considerar a 4ª geração que surge nos anos 90 do séc. XX e se mantém na actualidade, tendo por base instrumentais parecidos com o CD, tais como TSRH, Isola, USS, Colorado, CD-Horizon e outros, contudo com a filosofia de correcção da deformidade dirigida para a correcção por translação segmentar, exigindo grande versatilidade dos implantes e instrumental de apoio.

Em relação à instrumentação por via anterior da escoliose, a sua primeira aplicação clínica deve-se a Dwyer^{3,4}, no final dos anos 60 do séc. XX, que criou um instrumental relativamente simples, dirigido para a correcção de curvas lombares e toracolombares, inicialmente em escolioses pós poliomielite e posteriormente em escolioses idiopáticas. A grande inovação da instrumentação de Dwyer foi a possibilidade de se obterem correcções das deformidades escolióticas com instrumentações curtas, com todas as vantagens daí decorrentes. A grande limitação era a exigência técnica das abordagens anteriores e, o principal aspecto mecânico negativo, a deficiente correcção no plano sagital.

Zielke²⁴, já em meados dos anos 70 do séc. XX, descreve o instrumental designado "VDS", dirigido para a correcção das escolioses por via anterior, tendo como aspectos inovadores em relação à precursora instrumentação de Dwyer maior estabilidade mecânica e melhor correcção no plano sagital.

Nos anos 80 e 90 do séc. XX procede-se à aplicação clínica em abordagens anteriores, de instrumentais usados por via posterior e atrás descritos, com algumas adaptações especiais, mas mantendo-se os princípios e a filosofia descritos pelos precursores Dwyer e Zielke.

A Unidade de Deformidades da Coluna do Serviço de Ortopedia do HGSA

Esta Unidade, criada no final dos anos 70 do séc. XX pelo Sr. Dr. Bárbara Branco, acompanhou pela dedicação e esforço do seu fundador e posteriormente doutros seus membros, de que faz parte o autor, a evolução histórica universal no tratamento cirúrgico das escolioses e seus aspectos inovadores, tendo em vista uma permanente e indispensável actualização técnica e teórica neste campo difícil e exigente.

A Casuística da Unidade em termos de escolioses engloba 263 doentes tratados cirurgicamente no período compreendido entre 1978 e 1998, dos quais 187 dizendo respeito a escolioses idiopáticas e 76 a escolioses secundárias, Quadro I.

Quadro I: Casuística (1978 - 1998)

<i>Escoliose</i>	<i>Congénita</i>	<i>Idiopática</i>	<i>Neuromuscular</i>	<i>Outra</i>	<i>Total</i>
Nº	26	187	43	13	263

A distribuição por grupos etários das escolioses idiopáticas tratadas cirurgicamente, realça o grande predomínio no adolescente, conforme seria de prever, Quadro II.

Quadro II: Escoliose Idiopática

<i>Idiopática</i>	<i>Infantil</i>	<i>Juvenil</i>	<i>Adolescente</i>	<i>Total</i>
Nº	5	16	160	181

O tipo de intervenções cirúrgicas utilizadas no tratamento das escolioses idiopáticas do adolescente, acompanharam a evolução ocorrida nacional e internacionalmente, nomeadamente em termos de vias de abordagem, tipo de instrumentação e materiais utilizados, Quadros III, IV e V. A instrumentação de Harrington e fusão óssea posterior foi usada até finais dos anos oitenta do séc. XX, posteriormente a instrumentação de Harrington-Luque assumiu o protagonismo até 1993, altura em que se processa a substituição progressiva pelas instrumentações com materiais TSRH ou Isola, por via anterior, posterior ou dupla, Fig 1.

Quadro III: Abordagem Cirúrgica

<i>Via de Abordagem</i>	Anterior	Posterior	Dupla	Total
N°	20	128	12	160

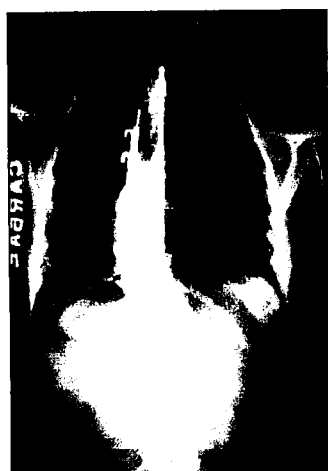
Quadro IV: Técnica Cirúrgica

<i>Técnica Cirúrgica</i>	I A	I P	IP +T/L	LA+IP	IA+IP	T	Total
N°	18	85	40	10	2	5	160

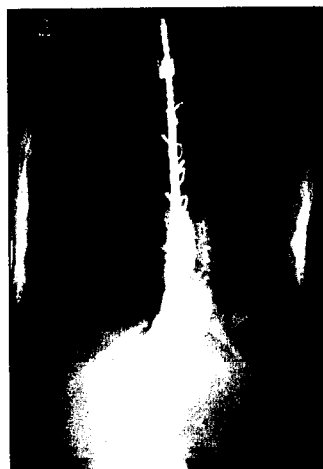
IA = Instrumentação Anterior, IP = Instrumentação Posterior,
 IP+T/L = Instrumentação Posterior e Toracoplastia ou Lomboplastia,
 LA+IP = Libertação Anterior e Instrumentação Posterior,
 IA+IP = Instrumentação Anterior e Instrumentação Posterior,
 T = Toracoplastia Isolada.

Quadro V: Materiais Utilizados

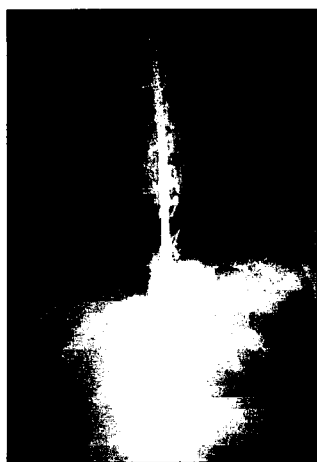
<i>Materiais</i>	Harrington	Harrington-Luque	Isola	TSRH	Zielke	Total
N°	50	49	24	30	2	155



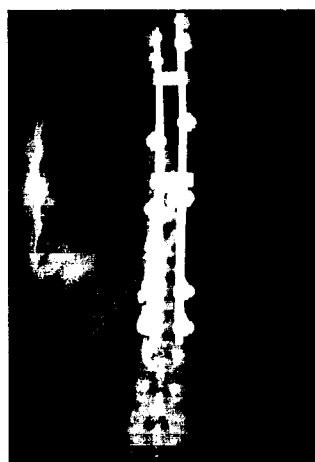
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 1: Instrumentação de Harrington (a); Instrumentação de Harrington-Luque (b); Instrumentação de Harrington-Luque e Toracoplastia (c); Instrumentação posterior com material Isola (d); Libertação anterior e Instrumentação posterior de Harrington-Luque (e); Instrumentação anterior com material TSRH (f).

Ocorreram complicações no tratamento cirúrgico das escolioses idiopáticas do adolescente em 36 casos (23 %), como a paraplegia tardia progressiva, que ocorreu num caso, nas 24 horas após intervenção cirúrgica, a desmontagem proximal e distal da instrumentação, ou a infecção precoce e tardia, Quadro VI. A desmontagem ocorreu quase exclusivamente em instrumentações de Harrington (18 dos 20 casos) e as infecções, em especial as tardias, ocorreram em instrumentações posteriores com materiais TSRH ou Isola (4 dos 5 casos). Num caso de pseudartrose após instrumentação anterior, houve desmontagem da instrumentação seguida de migração atípica e espectacular da vareta, desde a região retroperitoneal até à região gemelar da perna, o que levou à exérese cirúrgica, através de pequena incisão na face interna do tornozelo, felizmente sem sequelas, Figs 2.

Quadro VI: Complicações

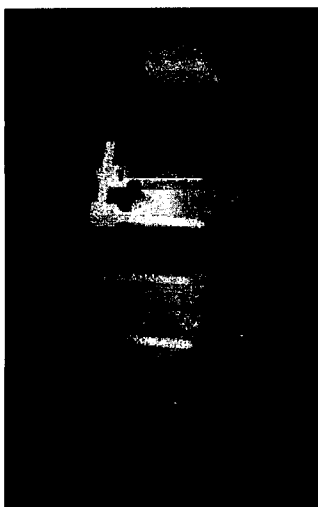
Complicações	Nº
Atelectasia pulmonar	2 (1,3%)
Derrame pleural	2 (1,3%)
Desmontagem da instrumentação	20 (13%)
Infecção local, precoce ou tardia	5 (3%)
Migração de implante	1 (0,6%)
Pneumonia	2 (1,3%)
Paraplegia	1 (0,6%)
Pseudartrose	2 (1,3%)
Úlcera de stress	1 (0,6%)



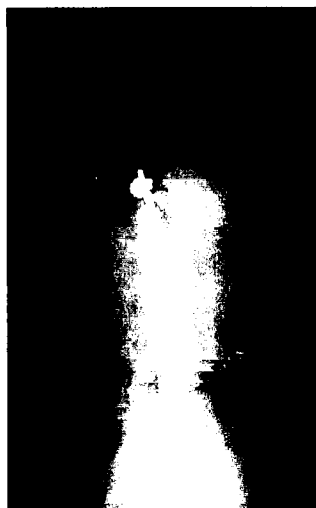
(a)



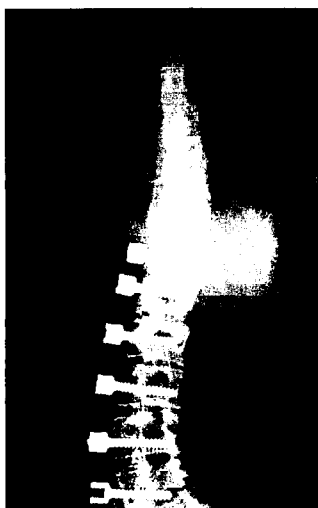
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



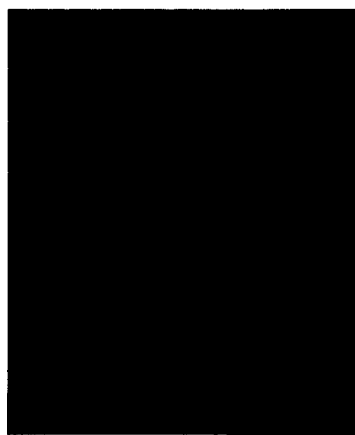
(g)



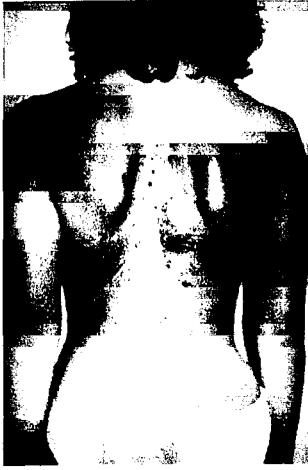
(h)



(i)



(j)



(k)



(l)

Figuras 2 (a)-(l): Exemplo de instrumentação anterior de escoliose lombar, evolução para pseudartrose e migração original e espectacular de implante da coluna lombar para a região gemelar da perna esquerda, cinco anos após intervenção cirúrgica, sua exérese e, apesar de tudo, o bom resultado clínico actual.

ESTUDOS RETROSPECTIVO E PROSPECTIVO

Tendo por universo a casuística da Unidade de Escolioses do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António, o autor efectuou um estudo retrospectivo e outro prospectivo em doentes com escoliose idiopática do adolescente, tratados cirurgicamente.

Objectivo

Avaliar os resultados dos vários métodos de tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente, usando para o efeito estudos clínicos e radiográficos habitualmente utilizados, mas também a perfilometria tridimensional automatizada do tronco (PTAT).

1 - ESTUDO RETROSPECTIVO

Material e Métodos

Este estudo incidiu sobre 100 doentes tratados cirurgicamente a escoliose idiopática do adolescente na Unidade de Escolioses do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António. Os 100 doentes revistos foram distribuídos por 6 grupos, baseados no tipo de tratamento cirúrgico a que foram submetidos, Quadro VII.

O *Grupo I* inclui 25 doentes tratados com instrumentação de Harrington e fusão óssea posterior. De todos os doentes tratados com instrumentação de Harrington e fusão óssea posterior apenas foram propositadamente revistos 25 dum total de 50 doentes, tendo em vista evitar assimetrias, no valor relativo das amostras, com influência na futura análise estatística dos resultados. O critério utilizado para a selecção dos doentes do Grupo I foi excluir da revisão os doentes operados há mais tempo, mantendo-se apesar disso como o grupo com maior número de doentes, bem como o grupo com maior tempo de seguimento.

O Grupo II inclui 29 doentes cujo tratamento consistiu na instrumentação de Harrington-Luque e fusão óssea posterior, tendo sido subdividido em dois subgrupos: *Grupo IIA* incluindo 16 doentes cujo tratamento cirúrgico consistiu na instrumentação de Harrington-Luque e fusão óssea posterior e o *Grupo IIB* incluindo 13 doentes em que se associou à instrumentação de Harrington-Luque e fusão óssea posterior a toracoplastia.

O Grupo III também foi subdividido em 2 subgrupos: *Grupo IIIA* incluindo 10 doentes tratados com instrumentação com material TSRH ou Isola e fusão óssea posterior e o *Grupo IIIB* incluindo 23 doentes, em que se associou à instrumentação e fusão posterior com os materiais referidos, a toracoplastia ou lomboplastia.

O *Grupo IV* inclui 13 doentes tratados com instrumentação e fusão anterior com materiais TSRH ou Isola.

Quadro VII: Doentes Revistos

<i>Grupo</i>	I	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IV	Total
N°	25	16	13	10	23	13	100

Grupo I = Instrumentação de Harrington e Fusão posterior,

Grupo IIA = Instrumentação de Harrington-Luque e Fusão Posterior,

Grupo IIB = Instrumentação de Harrington-Luque, Fusão Posterior e Toracoplastia,

Grupo IIIA = Instrumentação com TSRH ou Isola e Fusão Posterior,

Grupo IIIB = Instrumentação com TSRH ou Isola, Fusão Posterior e Toracoplastia ou Lomboplastia,

Grupo IV = Instrumentação e Fusão Anterior com TSRH ou Isola.

Todos os 100 Doentes e respectivos Processos Clínicos foram revistos pelo autor (A.F.O.). Todos os doentes do Grupo I foram operados pelo mesmo cirurgião (J.B.B.) e todos os doentes dos grupos II a IV foram operados pelo mesmo cirurgião (A.F.O.).

Foi elaborada para cada doente revisto uma “Ficha de Avaliação” com dados clínicos, radiográficos e funcionais respiratórios pré-operatórios, pós-operatórios e à data da revisão.

Os dados clínicos, radiográficos e funcionais respiratórios pré-operatórios foram conseguidos compulsando os Processos Clínicos dos doentes. Dos dados clínicos registados foram seleccionados a medida da distância dedos-solo e da giba paravertebral em flexão anterior do tronco. Dos exames radiográficos pré-operatórios foi possível obter informações completas do tipo e limites das curvas escolióticas e seu valor angular de Cobb¹, bem como do índice de Risser¹⁶. Não existindo informações completas relativas aos valores da rotação vertebral nem aos do valor angular de Cobb das curvas no plano sagital, estes não foram considerados.

Dos dados existentes relativos às provas de função respiratória foram seleccionados e recolhidos os valores pré-operatórios da Capacidade Vital Forçada, Volume Expiratório Máximo por Segundo e a Capacidade Pulmonar Total.

Os dados relativos à intervenção cirúrgica foram conseguidos compulsando os Registos Operatórios e de Anestesiologia.

As informações relativas ao período pós-operatório e subsequente seguimento na Consulta Externa também foram obtidas dos registos dos Processos Clínicos.

Foram excluídos do estudo os doentes em que não existiam todos esses registos clínicos nos respectivos Processos Clínicos.

No dia da revisão além do preenchimento de questionário relativo a vários aspectos como o motivo da cirurgia, existência ou

não de dorsolombalgias e seu tipo usando a escala de Moskowitz¹³, bem como o grau de satisfação ou insatisfação e seus motivos, procedeu-se ao exame clínico actual, com registo dos seus dados.

Os exames radiográficos actuais incluíram as incidências habituais de face e perfil em ortostatismo e foram realizados no dia da revisão. As medições radiográficas do ângulo de Cobb das curvas escolióticas, das curvas no plano sagital e da rotação da vértebra apical, usando o método de Perdriolle¹⁵, foram efectuadas posteriormente, sempre pelo mesmo observador e usando como valores definitivos e como tal registados, a média de 3 medições sucessivas.

Nas escolioses de dupla curva foram apenas considerados os valores da curva maior para a escoliose e para a rotação vertebral e na avaliação da cifose torácica e lordose lombar, apenas se considerou a que apresentava menor valor angular.

Dos testes da função respiratória relativos ao estado actual dos doentes, foram seleccionados e registados os valores das Capacidade Vital Forçada (CVF), do Volume Expiratório Máximo por Segundo (VEMS) e da Capacidade Pulmonar Total (CPT), efectuados no Sector de Fisiopatologia Respiratória do Serviço de Cuidados Intensivos do Hospital Geral de Santo António.

A todos os doentes foi aplicada a técnica de Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco (PTAT) à data da revisão, cujos dados também foram impressos em ficha individual própria. Dos dados fornecidos pela PTAT foram seleccionados a representação tridimensional do tronco (R3D), o índice de assimetria transversal anterior e posterior do tronco (IATA e IATP) e o ângulo de rotação do tronco (ART).

Foi criada uma base de dados usando o software de estatística SPSS 8.0 para Windows. A análise estatística dos resultados incluiu técnicas descritivas e inferenciais (Student T teste, probabilidade ANOVA e correlação de Pearson), considerando-se significativas diferenças em que $p < 0,05$.

FICHA DE AVALIAÇÃO

P. Clínico----- Idade----- Sexo-----

2. AVALIAÇÃO PRÉ-OPERATÓRIA

a) Dados Clínicos

Dedos-Solo----- Giba----- Desvio Tronco----- DismetriaM.I.-----

b)Dados Radiográficos

Curva (Localização)----- Limites-----/----- C onvexidade-----/-----

Cobb (Face)-----/----- Cobb (Perfil)-----/----- Risser-----

c) PFR

C.V.F.----- V.E.M.S.----- C.P.T.-----

3. CIRURGIA

Motivo:Estética----- Dores----- Outro-----

Data-----/----- Abordagem (A/P/D)----- Material----- Níveis-----

Toracoplastia (S/N)----- Tipo----- Níveis----- Lomboplastia (S/N)-----

Tempo---Transfusão (S/N) ---Auto-Transfusão (S/N)---Complicações---

Imobilização pós-operatória (S/N)----- Tipo (CG/C)-----

4. ESTADO ACTUAL

a) Dados Clínicos

Tempo Seguimento---- Complicações (S/N)----- Tipo-----

Dor (S/N)----- Tipo Dor (Moskowitz)----- Satisfação (S/N)-----

Insatisfação (Cicatriz, Deformidade, Dor, Outro)-----

Dedos-Solo2----- Giba2----- Escoliómetro-----/-----/-----

b) Dados Radiográficos

Cobb (Face)-----/----- Cobb (Perfil)-----/----- Rotação-----/-----

Desmontagem (P/D/T)----- Pseudartrose (S/N)----- Outros-----

c) PFR 2

C.V.F.2----- V.E.M.S.2----- C. P. T. 2-----

Escala de Dor (Moskowitz)

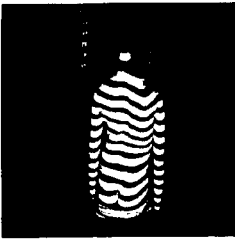
Grau I	<ul style="list-style-type: none">• Sem dor
Grau II	<ul style="list-style-type: none">• Dor rara;• Doente não refere dor excepto se questionado;• Dor com actividade estenuante
Grau III	<ul style="list-style-type: none">• Dor ocasional, algumas vezes no ano;• Doente admitindo dor sem ser questionado;• Sem justificação para recurso ao Médico;• Dor com actividade aumentada ou posição de sentado prolongada
Grau IV	<ul style="list-style-type: none">• Dor frequente após actividade, mas não restrictiva;• Medicação analgésica ou com relaxantes musculares necessária;• Justificação para recurso a Médico,
Grau V	<ul style="list-style-type: none">• Dor constante:<ol style="list-style-type: none">1. Não Incapacitante2. Incapacitante



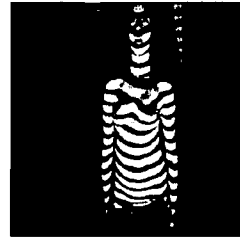
HOSPITAL GERAL DE SANTO ANTÓNIO
Serviço de Ortopedia
Director: Dr. Bárbara Branco



PTAT



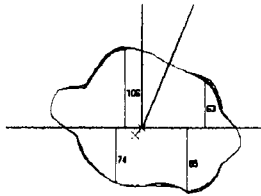
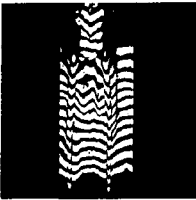
IAPF = 52



IST = 37

IAA = 22

IAAF = 38



62°

22°

38°

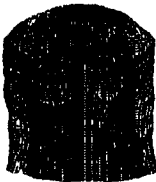
IATA = 67

IATP = 18

ART = 22

Cobb (F) = 62°

Cobb (P) = 22°/38°



Data: / /



O Médico

Resultados

Distribuição

A análise demográfica dos diversos Grupos não revelou diferenças estatisticamente significativas pré-operatórias quanto ao sexo, idade, tipo de curva, distância dedos-solo em flexão anterior do tronco, giba paravertebral, valor angular de Cobb das curvas no plano frontal, bem como do índice de Risser, Quadros VIII e IX.

Quadro VIII: Doentes Revistos (Pré - Operatório)

Grupo	Nº casos	idade	sexo	curva-local
I	25	Média 15,72	1,24	1,72
		Mínimo 11	Feminino	Torácica
		Máximo 20	Masculino	Dupla
IIA	16	Média 14,81	1,00	1,88
		Mínimo 11	Feminino	Torácica
		Máximo 19	Feminino	Dupla
IIB	13	Média 14,08	1,15	1,62
		Mínimo 12	Feminino	Torácica
		Máximo 18	Masculino	Dupla
IIIA	10	Média 14,70	1,30	2,80
		Mínimo 12	Feminino	Torácica
		Máximo 18	Masculino	Dupla
IIIB	23	Média 15,39	1,09	2,04
		Mínimo 12	Feminino	Torácica
		Máximo 20	Masculino	Dupla
IV	13	Média 16,54	1,08	2,54
		Mínimo 14	Feminino	Toracolombar
		Máximo 20	Masculino	Lombar
Total	100	Média 15,29	1,14	2,02
		Mínimo 11	Feminino	Torácica
		Máximo 20	Masculino	Dupla

Quadro IX: Doentes Revistos (Pré - Operatório)

Grupo	Nº casos		giba pré-op cm	d/solo pré-op cm	Cobb pré-op (graus)	Risser (0 - 5)
I	25	Média	3,28	14,20	59,16	3,48
		Mínimo	2	0	40	0
		Máximo	5	30	90	5
IIA	25	Média	3,37	12,38	53,63	3,63
		Mínimo	1	0	40	0
		Máximo	5	26	72	5
IIB	13	Média	3,54	18,92	61,31	2,85
		Mínimo	3	0	45	0
		Máximo	5	36	90	4
IIIA	10	Média	2,90	22,40	63,30	3,00
		Mínimo	2	10	45	1
		Máximo	4	34	104	4
IIIB	23	Média	3,48	17,04	63,52	3,48
		Mínimo	2	0	45	0
		Máximo	5	35	95	5
IV	13	Média	2,77	11,46	53,00	4,08
		Mínimo	2	0	42	1
		Máximo	4	26	102	5
Total	100	Média	3,27	15,64	59,17	3,45
		Mínimo	1	0	40	0
		Máximo	5	36	104	5

Tempo cirúrgico e transfusão

Na análise dos dados operatórios, Quadro X, nomeadamente o tempo de cirurgia e necessidade ou não de transfusão (incluindo a auto-transfusão), constata-se diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$) entre os diversos Grupos, Quadro XII. O tempo de cirurgia foi significativamente menor para os Grupos I (Instrumentação de Harrington e fusão Posterior), IIA (Instrumentação de Harrington-Luque e Fusão Posterior) e IIB (Instrumentação de Harrington-Luque, Fusão Posterior e Toracoplastia) relativamente aos Grupos IIIA (Instrumentação e Fusão Posterior com Isola ou TSRH), IIIB (Instrumentação e Fusão Posterior com Isola ou TSRH e Toracoplastia ou Lomboplastia) e IV (Instrumentação e Fusão Anterior com Isola ou TSRH). A transfusão per ou pós-operatória foi necessária em todos os doentes do Grupo IIIB, dispensada em 2 dos 13 doentes do Grupo IIB e em 2 dos 10 doentes do Grupo IIIA, bem como em 5 doentes do Grupo IIA e 11 doentes

do Grupo I. Não foi utilizada transfusão em qualquer dos 13 doentes do Grupo IV.

Quadro X: Doentes Revistos (Per - Operatório)

Grupo	Nº casos		Tempo Cirurgia (H)	Transfusão
I	25	Média	2,4800	1,4400
		Mínimo	2,00	Sim
		Máximo	3,50	Não
IIA	16	Média	2,7188	1,3125
		Mínimo	2,00	Sim
		Máximo	3,00	Não
IIB	13	Média	3,1154	1,1538
		Mínimo	2,50	Sim
		Máximo	5,00	Não
IIIA	10	Média	4,7000	1,2000
		Mínimo	3,00	Sim
		Máximo	7,00	Não
IIIB	23	Média	4,7174	1,0000
		Mínimo	3,50	Sim
		Máximo	7,00	Sim
IV	13	Média	4,5000	2,0000
		Mínimo	4,00	Não
		Máximo	5,00	Não
Total	100	Média	3,6000	1,3300
		Mínimo	2,00	Sim
		Máximo	7,00	Não

Imobilização pós-operatória

Em termos de tempo de seguimento e imobilização pós-operatória, Quadro XI, também existem diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os diversos Grupos, Quadro XII. O Grupo com mais longo tempo de seguimento corresponde ao dos doentes tratados com instrumentação de Harrington e fusão óssea posterior (Grupo I).

A imobilização pós-operatória foi efectuada com coletes gessados em todos os doentes do Grupo I, com coletes de Boston apenas em 1 doente do Grupo IIB, em 3 doentes do Grupo IIIA e em 1 doente do Grupo IIIB em que foi realizado um tempo de libertação anterior previamente à instrumentação posterior e, em todos os doentes do grupo IV submetidos a instrumentação e fusão óssea por via anterior.

Quadro XI: Doentes Revistos (Pós - Operatório)

Grupo	Nº casos		imobilização pós-op.	seguimento (anos)
I	25	Média	2,08	10,48
		Mínimo	colete gessado	8
		Máximo	colete	13
IIA	16	Média	1,00	6,81
		Mínimo	nenhum	4
		Máximo	nenhum	8
IIB	13	Média	1,15	5,31
		Mínimo	nenhum	3
		Máximo	colete	6
IIIA	10	Média	1,60	2,20
		Mínimo	nenhum	1
		Máximo	colete	4
IIIB	23	Média	1,09	1,65
		Mínimo	nenhum	1
		Máximo	colete	4
IV	13	Média	3,00	2,54
		Mínimo	colete	1
		Máximo	colete	6
Total	100	Média	1,63	5,33
		Mínimo	nenhum	1
		Máximo	colete	13

Quadro XII: Probabilidade (ANOVA)

			F	Sig.
idade *	Entre Grupos	(Combinada)	2,386	,071
Grupo				
sexo *	Entre Grupos	(Combinada)	1,589	,171
Grupo				
curva-local *	Entre Grupos	(Combinada)	1,872	,107
Grupo				
giba pré - op *	Entre Grupos	(Combinada)	1,749	,131
Grupo				
Dedos - solo *	Entre Grupos	(Combinada)	1,961	,092
Grupo				
Cobb pré - op *	Entre Grupos	(Combinada)	1,329	,259
Grupo				
Risser *	Entre Grupos	(Combinada)	1,238	,298
Grupo				
tempo cir. *	Entre Grupos	(Combinada)	33,675	,000
Grupo				
transfusão *	Entre Grupos	(Combinada)	13,448	,000
Grupo				
colete *	Entre Grupos	(Combinada)	48,223	,000
Grupo				
seguimento *	Entre Grupos	(Combinada)	146,127	,000
Grupo				

ψ (p<0,001)

Correcção clínica, objectiva e subjectiva.

Na análise comparativa dos resultados da correcção obtida para os diversos grupos em termos clínicos, nomeadamente em termos de giba paravertebral, distância dedos-solo em flexão anterior do tronco, queixas dolorosas e seu tipo e grau de satisfação e insatisfação baseada na presença de dores, deformidade residual e cicatriz inestética em especial a do local de colheita de enxerto na região ilíaca, Quadro XIII, constata-se diferenças significativas ($p < 0,001$) para todas as variáveis excepto a distância dedos-solo, Quadro XVI. Os Grupos I e IIA são os que apresentam pior correcção da deformidade paravertebral, maior incidência de dores no estado actual e menor grau de satisfação dos doentes. A correcção da deformidade paravertebral foi melhor conseguida nos Grupos IIB e IIIB, em que foi associada a toracoplastia ou lomboplastia à instrumentação posterior, relativamente ao Grupo I e IIIA, apesar destes terem no pré-operatório valores menores de deformidade paravertebral. De entre os doentes dos Grupos I e IIA, a maior incidência de dores e gravidade das mesmas ocorre nas curvaturas toracolombares e lombares, com instrumentações englobando L4 e/ou L5. O Grupo IV é o que apresenta melhor correcção da deformidade paravertebral.

Quadro XIII: Doentes Revistos (Estado Actual)

Grupo	Nº casos		giba2	dedos-solo2	dorso-lombalgias	satisfação
I	25	Média	2.24	19.32	2.8800	1.40
		Mínimo	>0<1	0	Grau II	Sim
		Máximo	5	36	Grau IV	Não
IA	16	Média	1.56	18.81	2.7500	1.69
		Mínimo	0	0	Grau II	Sim
		Máximo	3	39	Grau IV	Não
IIB	13	Média	1.19	17.23	2.2308	1.15
		Mínimo	0	0	Grau II	Sim
		Máximo	3	30	Grau III	Não
IIA	10	Média	.85	22.20	2.1000	1.00
		Mínimo	0	0	Grau II	Sim
		Máximo	2	40	Grau III	Sim
IIIB	25	Média	.50	21.78	2.0870	1.00
		Mínimo	0	0	Grau II	Sim
		Máximo	2	45	Grau III	Sim
IV	13	Média	.23	20.69	2.2308	1.00
		Mínimo	0	2	Grau II	Sim
		Máximo	2	35	Grau III	Sim
Total	100	Média	1.20	20.00	2.4300	1.23
		Mínimo	0	0	Grau II	Sim
		Máximo	5	5	Grau IV	Não

Correcção radiográfica

Relativamente à correcção dos índices radiográficos, Quadro XIV, constata-se diferenças estatisticamente significativas entre os Grupos ($p < 0,001$) para o valor angular de Cobb pós-operatório e níveis instrumentados, Quadro XVI. No Grupo I, que apresenta o menor índice de correcção no plano frontal, a correcção média obtida do ângulo de Cobb foi de 33%, no Grupo IIA de 45%, no Grupo IIB de 49%, no Grupo IIIA de 58% , no Grupo IIIB de 62% e no Grupo IV, que apresenta o melhor índice de correcção, foi de 72%.

Os níveis incluídos na instrumentação e fusão variaram para os diferentes Grupos, dependendo evidentemente do número de duplas curvas em cada um deles, sendo contudo evidente que no Grupo IV os segmentos englobados na instrumentação e fusão são cerca de metade dos verificados nos outros Grupos. Como não se possuía valores pré-operatórios dos valores angulares de Cobb das curvas no plano sagital, não foi possível avaliar a sua variação pós-operatória para os diferentes Grupos. Contudo, analisando apenas os valores do estado actual, conta-se que os valores médios mais baixos da cifose torácica ou lordose lombar ocorrem no Grupo I e IIIA e o valor mais alto no Grupo IV.

Quadro XIV: Doentes Revistos (Estado Actual)

Grupo	Nº casos		Cobb 2	perfil 2	rotação 2	níveis
I	25	Média	39.88	27.04	24.40	9.68
		Mínimo	10	15	5	7
		Máximo	76	50	50	15
IIA	16	Média	29.50	30.75	22.19	9.81
		Mínimo	15	15	10	7
		Máximo	45	45	50	13
IIB	13	Média	31.85	34.08	21.15	8.92
		Mínimo	24	25	10	6
		Máximo	45	45	25	14
IIIA	10	Média	27.10	28.80	22.00	10.60
		Mínimo	12	15	5	8
		Máximo	52	38	40	12
IIIB	23	Média	24.43	30.35	19.57	9.57
		Mínimo	8	20	5	8
		Máximo	45	40	30	12
IV	13	Média	12.62	32.46	15.00	5.23
		Mínimo	-8	25	0	5
		Máximo	60	45	30	6
Total	100	Média	28.80	30.19	21.05	9.09
		Mínimo	-8	15	0	5
		Máximo	76	50	50	15

Em relação aos valores da rotação vertebral da vértebra apical, também não foi possível fazer uma análise comparativa entre valores pré e pós-operatórios para os diferentes Grupos, por ausência dos valores pré-operatórios para todos os doentes. Na análise dos valores actuais da rotação vertebral não se verificam diferenças estatisticamente significativas entre Grupos, Quadro XVI, contrariamente ao que se poderia prever atendendo nomeadamente às diferenças significativas dos valores da giba paravertebral entre os mesmos.

Quadro XVI: Probabilidade (ANOVA)

			F	Sig.
giba2 * Grupo	ψ	Entre Grupos (Combinada)	10,013	,000
dedos-solo2 * Grupo		Entre Grupos (Combinada)	,389	,855
dorsolombalgias * Grupo	ψ	Entre Grupos (Combinada)	6,571	,000
Cobb 2 * Grupo	ψ	Entre Grupos (Combinada)	7,400	,000
perfil 2 * Grupo		Entre Grupos (Combinada)	2,086	,735
rotação 2 * Grupo		Entre Grupos (Combinada)	1,856	,109
niveis * Grupo	ψ	Entre Grupos (Combinada)	16,947	,000
satisfação * Grupo	ψ	Entre Grupos (Combinada)	11,115	,000

ψ ($p < 0,001$)

Provas funcionais respiratórias

Em relação aos resultados das Provas Funcionais Respiratórias, fez-se uma análise comparativa dos valores pré e pós-operatórios da Capacidade Vital Forçada (CVF), Volume Expiratório Máximo por Segundo (VEMS) e Capacidade Pulmonar Total (CPT) na globalidade dos doentes e em especial naqueles que foram submetidos a toracoplastia em casos de escolioses torácicas ou duplas com componente torácico. Constatou-se diminuição significativa ($p < 0.05$) dos valores pós-operatórios da CVF e VEMS mas, na avaliação específica destes valores para os casos de realização ou não de toracoplastia, verificou-se não existirem diferenças signifi-

ficativas entre estes dois grupos, havendo até melhores valores relativos pós-operatórios da CVF e VEMS e mesmo aumento da CPT, para os doentes submetidos a toracoplastia, Quadro XVII.

Quadro XVII: Provas Funcionais Respiratórias

Toraco- plastia		CVF1	CVF2	VEMS1	VEMS2	CPT1	CPT2
sim	Média	87.0750	75.5286	92.0500	78.6179	91.0214	92.0786
	Desvio	16.0780	12.5486	18.0958	13.2079	15.7106	23.0995
	Padrão						
não	Média	94.2176	82.9412	98.8588	87.7706	89.8235	88.2353
	Desvio	20.3911	17.5790	20.2089	17.7570	20.5949	18.8843
	Padrão						
Total	Média	89.7733	78.3289	94.6222	82.0756	90.5689	90.6267
	Desvio	17.9469	14.9067	18.9893	15.5514	17.4940	21.4630
	Padrão						

Resultados com a PTAT

No que diz respeito aos dados da PTAT, estes constam do Quadro XVIII, apresentando os doentes do Grupo I e II os piores índices de correcção nos planos frontal e transversal, contudo as diferenças entre os grupos só são significativas para os índices de assimetria no plano transversal ($p < 0,05$).

Quadro XVIII: Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco

Grupo	I	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IV	Total
N ° casos	25	16	13	10	23	13	100
IST (Médio)	18	16	15	16	14	14	15,6
IATA (Médio)	16	18	13	12	12	8	13,5
IATP (Médio)	24	20	16	13	12	5	15,9

2 - ESTUDO PROSPECTIVO

Material e Métodos

Este estudo incidiu sobre 20 doentes com escoliose idiopática do adolescente, tratados cirurgicamente na Unidade de Deformidades da Coluna do Serviço de Ortopedia do Hospital Geral de Santo António no ano de 1998. Todos os doentes incluídos neste estudo foram avaliados pré-operatoriamente, operados, seguidos e revistos pelo autor (A.F.O.), um ano após a correcção cirúrgica da deformidade escoliótica.

Registos clínicos e radiográficos

Além das informações relativas ao sexo e idade com que foram operados, foram recolhidos e registados para cada doente na "Ficha de Avaliação" os seguintes valores:

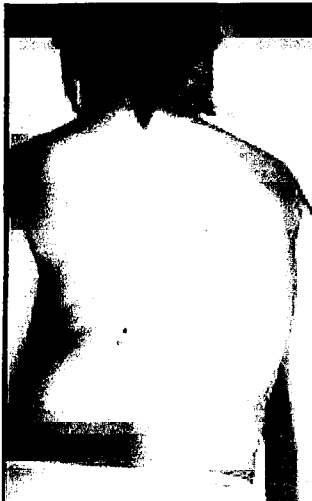
1. *Dados clínicos pré-operatórios*, relativos à localização, limites e tipo de curva, giba paravertebral (cm), distância dedos-solo em flexão anterior do tronco (cm) e ângulo de inclinação do tronco com escoliómetro de Pruijs (graus). Nas escolioses de dupla curva foram considerados para a giba paravertebral e ângulo de inclinação do tronco apenas os valores da curva de maior valor.
2. *Dados radiográficos pré-operatórios*, nomeadamente valor angular de Cobb (graus) das curvas escolióticas e das curvas no plano sagital, rotação vertebral (graus) segundo o método de Perdriolle e índice de Risser (0 - 5). Também nos dados radiográficos, em casos de escoliose de dupla curva, apenas foram considerados os valores angulares de Cobb da maior curva no plano frontal e da menor no plano sagital, bem como da rotação da vértebra apical da curva maior.
3. *Dados operatórios* relativos ao tipo de abordagem, instrumental utilizado, duração da intervenção cirúrgica, necessidade ou não de transfusão (auto-transfusão) e realização ou não de cirurgia complementar do tipo toracoplastia ou lomboplastia.
4. *Dados clínicos, um ano após correcção cirúrgica*, incluindo os valores da giba paravertebral (cm), distância dedos-solo em flexão anterior do tronco (cm), ângulo de inclinação do tronco (graus) e a existência ou não de dorso-lombalgias, seu tipo e grau (Escala de Moskowitz).
5. *Dados radiográficos, um ano após correcção cirúrgica*, nomeadamente o valor angular de Cobb das curvas nos planos frontal e sagital, bem como, a rotação da vértebra apical, usando as mesmas curvas, limites, métodos e vértebra apical das medidas pré-operatórias. Nos 3 casos em que a intervenção cirúrgica consistiu na toracoplastia isolada, não foram considerados para análise os valores do ângulo de Cobb das curvas no plano frontal e sagital, nem da rotação da vértebra apical, pois não foram alterados pela intervenção cirúrgica.

Registos por perfilometria tridimensional automatizada do tronco

Foi ainda aplicada a todos os doentes a Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco (PTAT) no período pré-operatório e um ano após correcção cirúrgica, adquirindo e registando na "Ficha de Avaliação Individual PTAT." a representação tridimensional do tronco (R3D), o índice de simetria do tronco (IST) e os índices de assimetria transversal anterior e posterior (IATA e IATP).

Técnicas cirúrgicas

O tratamento cirúrgico efectuado em cada doente foi muito diverso, mas sucintamente pode-se afirmar que consistiu na instrumentação posterior com materiais TSRH ou ISOLA em 11 casos, Fig.3 , instrumentação anterior em 4 casos, Fig 4, libertação anterior e instrumentação posterior com os referidos materiais (abordagem dupla) em 2 casos, Fig 5, e toracoplastia isolada em 3 casos, Fig. 6. A toracoplastia foi usada como técnica complementar em 8 casos e a lomboplastia num caso, ou seja em 70% das instrumentações posteriores.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



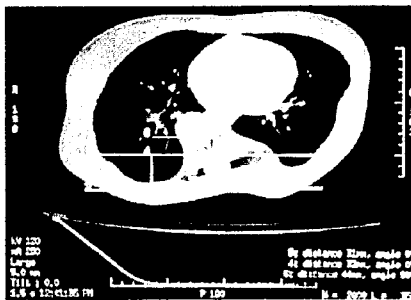
(j)



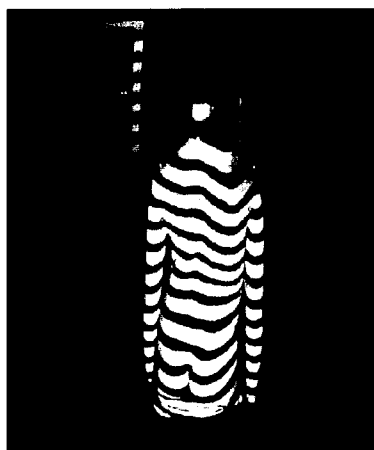
(k)



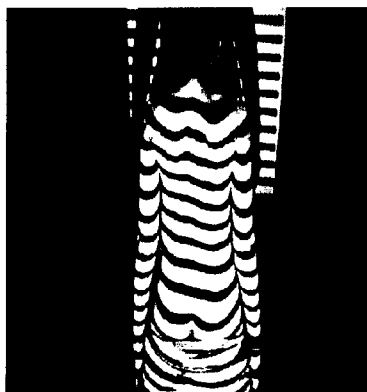
(l)



(n)

$$IST=36$$


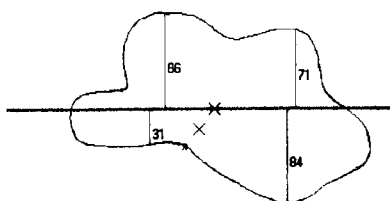
(p)

 $IST=4$ 

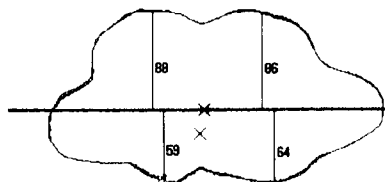
(r)

IATA=48
IATP=82

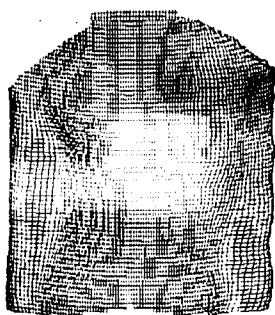
IATA=3
IATP=13



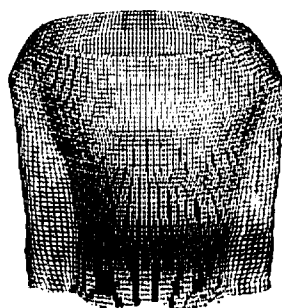
(s)



(t)



(u)



(v)

Figura 3: Caso clínico de escoliose torácica direita. Fotografias pré-operatórias (a) e (b); Rx pré-operatório, com ângulo de Cobb de 82° (c) e (d); Fotografias per-operatórias de instrumentação posterior com material Isola e toracoplastia de transposição da convexidade para a concavidade (e) (f) (g) (h); Fotografias pós-operatórias (i) (j); Rx pós-operatório visualizando-se a costoplastia e ângulo de Cobb de 22°, (k) (l); TAC pré e pós-operatório realçando a rotação vertebral pouco alterada e o índice de gibosidade costal com excelente correção (m) (n); IST pré (36) e pós-operatório (4), (o) (p) (q) (r); IATA pré (48) e pós-operatório (3) e IATP pré (82) e pós-operatório (13), (s) (t); Representação 3D do tronco pré e pós-operatória (u) (v).



(a)



(b)



(c)



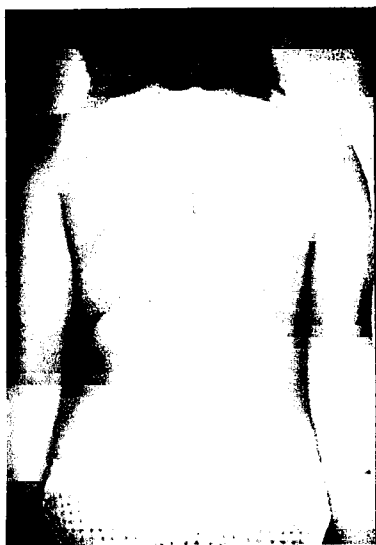
(d)



(e)



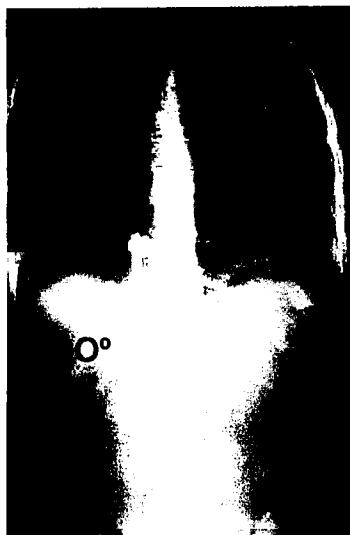
(f)



(g)



(h)

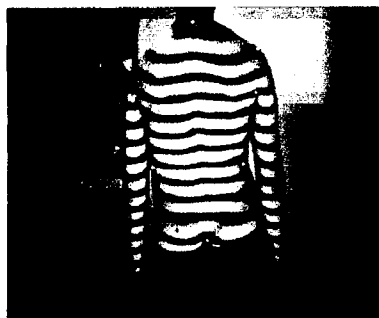


(i)

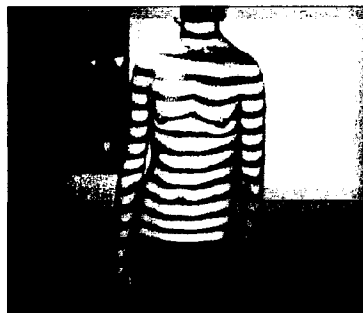


(j)

IST=32

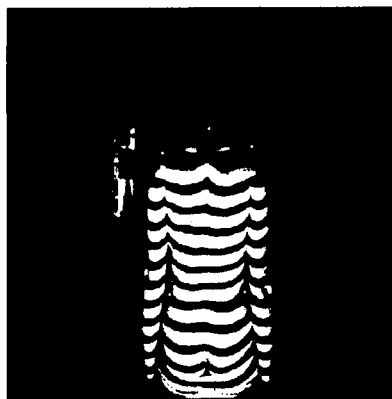


(k)

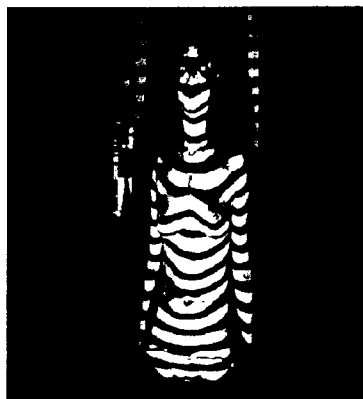


(l)

IST=6

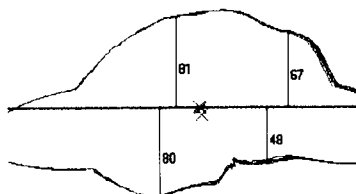


(m)



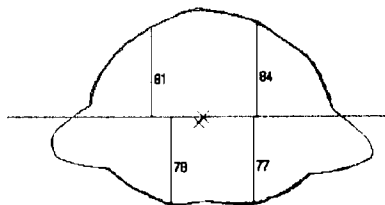
(n)

IATA=30
IATP=62

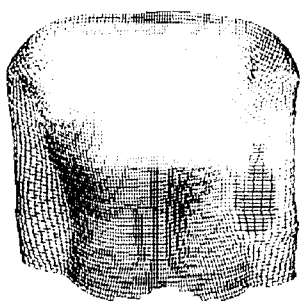


(o)

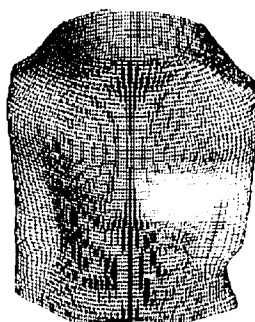
IATA=7
IATP=3



(p)



(q)



(r)

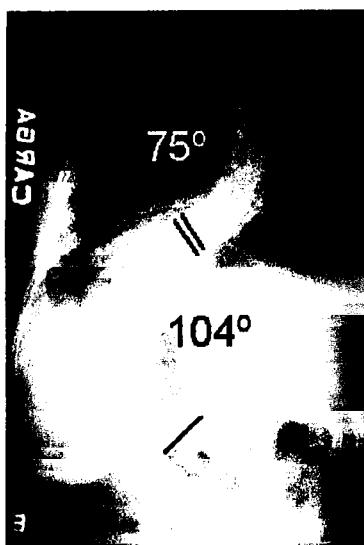
Figura 4: Caso clínico de escoliose toracolombar esquerda. Fotografias pré-operatórias (a) (b); Rx pré-operatório com ângulo de Cobb de 68°, (c) (d); Fotografias per-operatórias de instrumentação anterior com material TSRH (e) (f); Fotografias pós-operatórias (g) (h); Rx pós-operatório, com ângulo de Cobb de 0°, (i) (j); IST pré (32) e pós-operatório (6), (k) (l) (m) (n); IATA pré (30) e pós-operatório (7) e IATP pré (62) e pós-operatório (3), (o) (p); Representação 3D do tronco pré e pós-operatória (q) (r).



(a)



(b)



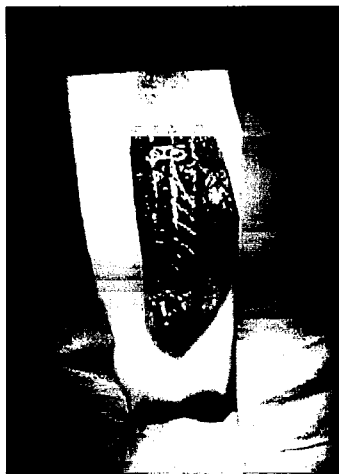
(c)



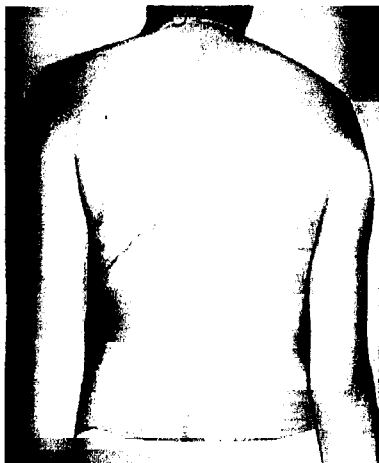
(d)



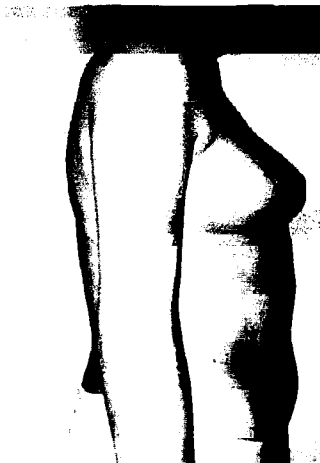
(e)



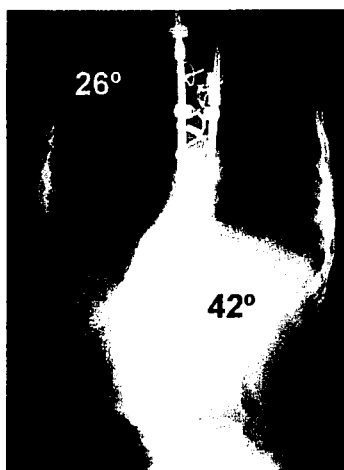
(f)



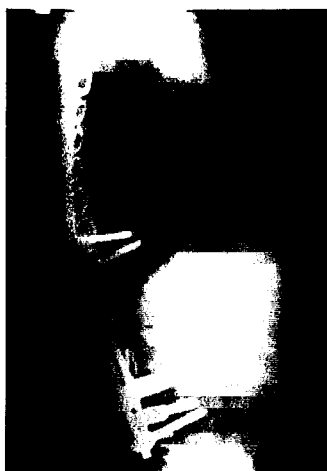
(g)



(h)

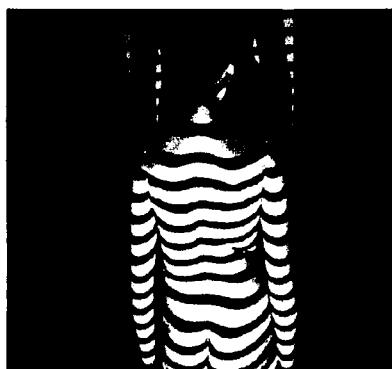


(i)

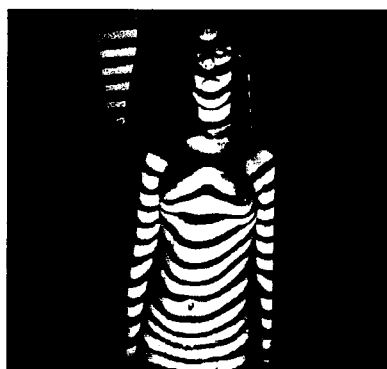


(j)

IST=52

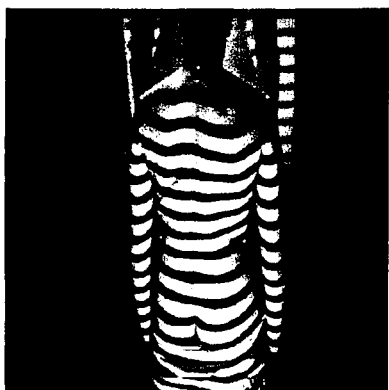


(k)

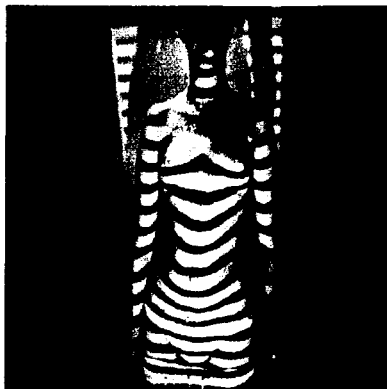


(l)

IST=12



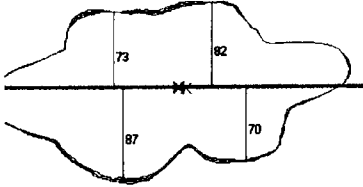
(m)



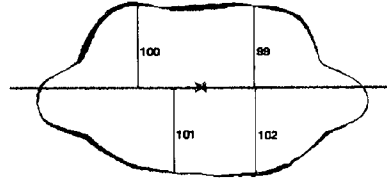
(n)

IATA=28
IATP=31

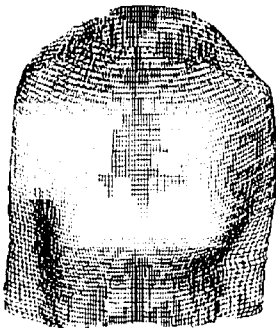
IATA=2
IATP=2



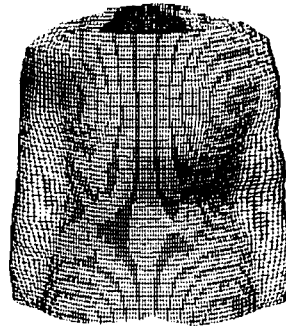
(o)



(p)

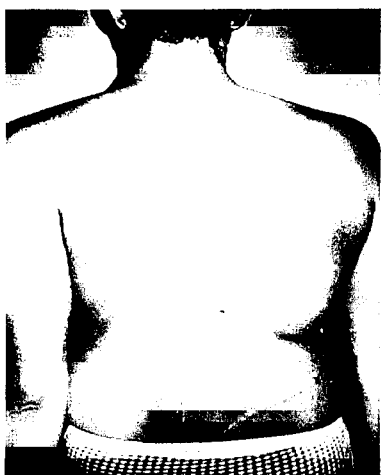


(q)



(r)

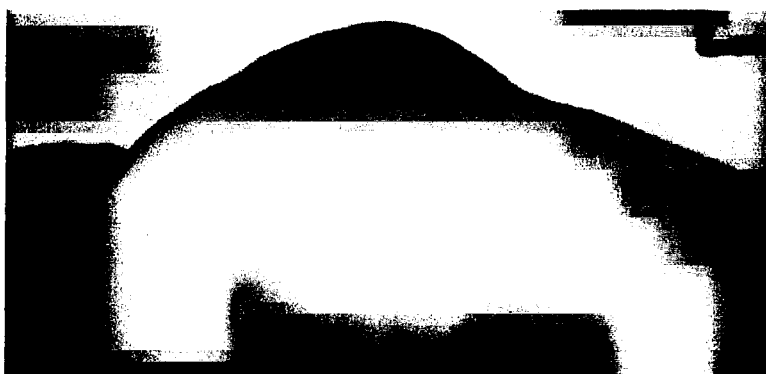
Figura 5: Caso clínico de escoliose de dupla curva, torácica e lombar. Fotografias pré-operatórias (a) (b); Rx pré-operatório, com ângulos de Cobb de 75°/104°, (c) (d); Fotografias per-operatórias de libertação anterior (1º tempo) e instrumentação posterior (2º tempo), com material Isola (e) (f); Fotografias pós-operatórias (g) (h); Rx pós-operatório, com ângulos de Cobb de 26°/42°, (i) (j); IST pré (52) e pós-operatório (12), (k) (l) (m) (n); IATA pré (32) e pós-operatório (8) e IATP pré 78) e pós-operatório (16), (o) (p); Representação 3D do tronco pré e pós-operatória (q) (r).



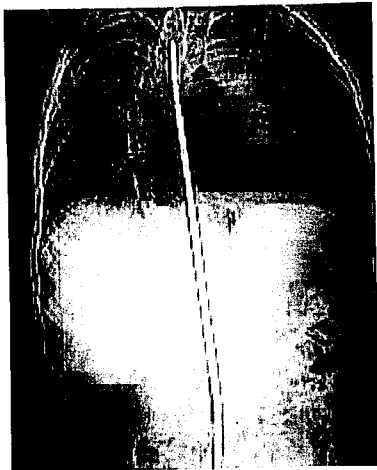
(a)



(b)



(c)



(d)



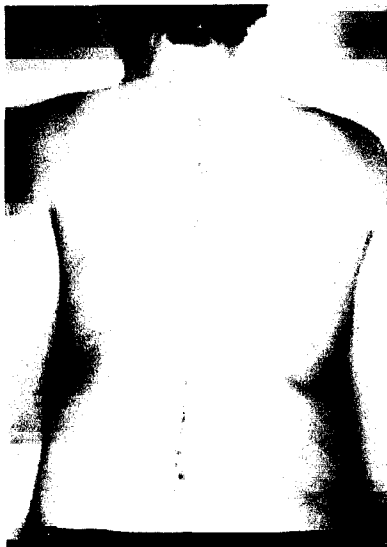
(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



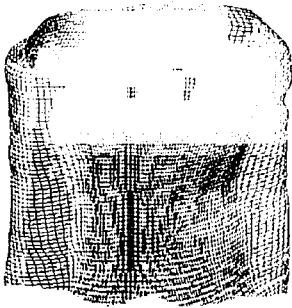
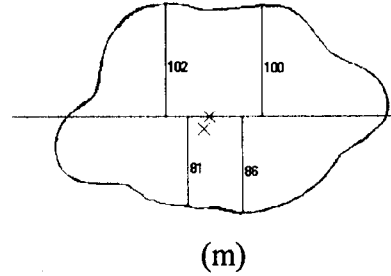
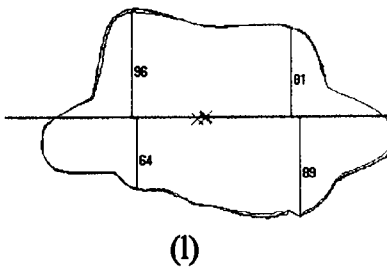
(j)



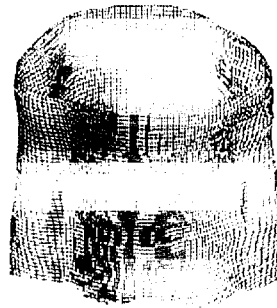
(k)

IATA=22
IATP=44

IATA=5
IATP=7



(n)



(o)

Figura 6: Caso clínico de deformidade residual marcada pós tratamento cirúrgico de escoliose de dupla curva. Fotografias pré-operatórias (a) (b) (c); Rx e TAC pré-operatórios revelando rotação vertebral e deformidade paravertebral residuais (d) (e); Fotografias per-operatórias de costoplastia com costectomias segmentares na convexidade e de transposição na concavidade (f) (g); Fotografias pós-operatórias (h) (i); Rx pós-operatório revelando a costoplastia de ressecção e transposição e TAC com melhoria evidente do índice de gibosidade costal (j) (k); IATA pré (22) e pós-operatório (5) e IATP pré (44) e pós-operatório (7), (l) (m); Representação 3D do tronco pré e pós-operatória (n) (o).

Resultados

A análise descritiva dos dados pré-operatórios, per-operatórios e ao ano de seguimento, consta dos Quadros XIX a XXVI.

Quadro XIX: Estudo Prospectivo (Pré - operatório)

N°		idade	sexo	curva-local	limites /curva
1		15	Feminino	Lombar	T12-L4
2		17	Feminino	Toracolombar	T9-L2
3		20	Feminino	Toracolombar	T8-L1
4		18	Feminino	Toracolombar	T8-L2
5		15	Feminino	Torácica	T5-12
6		12	Feminino	Dupla	T6-10/T11-L3
7		16	Masculino	Dupla	T5-10/T11-L3
8		12	Feminino	Dupla	T6-12/L1-4
9		16	Feminino	Torácica	T7-L1
10		16	Feminino	Dupla	T5-10/T12-L4
11		15	Feminino	Torácica	T5-12
12		20	Feminino	Torácica	T6-11
13		16	Feminino	Torácica	T6-12
14		15	Feminino	Torácica	T5-12
15		15	Feminino	Torácica	T6-11
16		14	Feminino	Dupla	T4-11/T10-L3
17		15	Masculino	Dupla	T5-11/T11-L3
18		21	Feminino	Torácica	T4-11
19		32	Feminino	Torácica	T4-12
20		26	Feminino	Dupla	T4-12/L1-4
Total	Média	17,30	1,10	2,30	
	Mínimo	12	Feminino	Torácica	
	Máximo	32	Masculino	Dupla	

Quadro XX: Estudo Prospectivo (Pré-Operatório)

N°		giba pré-op	dedos-solo pré-op.	escoliómetro pré-op.
1		3	0	20
2		4	18	25
3		3	26	15
4		3	10	15
5		5	17	25
6		3	24	25
7		3	0	20
8		3	0	20
9		3	30	15
10		3	34	20
11		3	10	10
12		3	17	20
13		4	27	20
14		5	17	30
15		3	17	20
16		4	34	15
17		3	35	15
18		4	0	25
19		4	22	20
20		4	20	22
Total	Média	3,40	17,90	19,85
	Mínimo	3	0	10
	Máximo	5	35	30

Quadro XXI: Estudo Prospectivo (Pré - operatório)

N		Cobb pré-op	perfil pré-op	rotação pré-op	Risser
1		68	45	40	1
2		102	50	40	4
3		50	45	25	5
4		48	35	30	4
5		82	35	30	4
6		86	38	40	1
7		65	20	30	4
8		60	40	25	1
9		45	32	20	4
10		60	35	30	4
11		45	-10	15	4
12		65	20	25	5
13		52	28	20	3
14		82	24	40	4
15		63	60	25	4
16		104	40	50	3
17		60	45	30	4
18		57	20	20	5
19		60	20	30	5
20		68	35	30	5
Total	Média	64,75	32,85	30,56	3,70
	Mínimo	45	-10	15	1
	Máximo	104	60	50	5

Quadro XXII: Estudo Prospectivo (Pré - operatório)

N °		IST	IATA	IATP
1		42	30	62
2		50	28	60
3		38	16	40
4		40	22	40
5		56	28	82
6		56	28	50
7		36	18	34
8		42	16	30
9		32	16	28
10		56	20	60
11		28	14	32
12		50	20	46
13		30	17	38
14		64	32	62
15		34	24	38
16		62	32	78
17		44	45	44
18		30	20	32
19		34	20	40
20		42	22	44
Total	Média	43,20	23,00	46,40
	Mínimo	30	14	82
	Máximo	62	45	28

Quadro XXIII: Estudo Prospectivo (Per - operatório)

N °		Abordagem	Instrumental	Tempo (H)	Transfusão	toracoplastia
1		Anterior	ISOLA	4,50	Não	Não
2		Anterior	TSRH	5,00	Não	Não
3		Anterior	TSRH	4,00	Não	Não
4		Anterior	TSRH	4,00	Não	Não
5		Posterior	ISOLA	5,50	Sim	Sim
6		Dupla	TSRH	7,00	Sim	Não
7		Posterior	TSRH	6,00	Sim	Lomboplastia
8		Posterior	ISOLA	5,00	Sim	Sim
9		Posterior	ISOLA	4,50	Sim	Sim
10		Posterior	ISOLA	4,00	Não	Não
11		Posterior	TSRH	3,00	Sim	Não
12		Posterior	TSRH	5,00	Sim	Sim
13		Posterior	ISOLA	5,50	Sim	Sim
14		Posterior	ISOLA	4,50	Sim	Sim
15		Posterior	ISOLA	4,00	Sim	Sim
16		Dupla	ISOLA	6,50	Sim	Não
17		Posterior	TSRH	6,00	Sim	Sim
18		Posterior	0	1,00	Não	Sim
19		Posterior	0	1,00	Não	Sim
20		Posterior	0	2,00	Não	Sim
Total	Média	1,40	3,00	4,40	1,40	1,50
	Mínimo	Posterior	0	1,00	Sim	Sim
	Máximo	Dupla	ISOLA	7,00	Não	Lomboplastia

Quadro XXIV: Estudo Prospectivo (1 ano Pós-operatório)

Nº		giba2	dedos-solo2	escoliometro2	Dorsolombalgias
1		0	10	5	Grau II
2		2	25	10	Grau II
3		0	30	3	Grau II
4		0	20	2	Grau II
5		0	20	0	Grau II
6		1	25	10	Grau II
7		1	0	10	Grau II
8		0	12	0	Grau II
9		0	30	0	Grau II
10		1	35	10	Grau II
11		1	10	8	Grau II
12		0	20	5	Grau II
13		0	30	5	Grau II
14		0	20	0	Grau II
15		>0<1	17	5	Grau II
16		>0<1	40	5	Grau II
17		1	35	10	Grau II
18		1	0	8	Grau II
19		1	26	8	Grau II
20		>0<1	20	5	Grau II
Total	Média	0,53	21,25	5,45	2,00
	Mínimo	0	0	0	Grau II
	Máximo	2	40	10	Grau II

Quadro XXV: Estudo Prospectivo (1 ano pós - operatório)

Nº		Cobb 2	perfil 2	rotação 2	níveis inst.
1		0	32	25	5
2		50	30	30	6
3		15	30	15	5
4		10	35	25	5
5		22	28	20	9
6		28	20	30	12
7		30	25	25	11
8		20	30	20	12
9		8	40	10	8
10		28	20	25	12
11		12	15	5	8
12		24	30	20	8
13		16	35	10	8
14		22	24	15	8
15		22	36	25	8
16		52	35	40	12
17		35	35	25	12
Total	Média	24,35	29,41	21,47	8,76
	Mínimo	0	15	5	5
	Máximo	52	40	40	12

Quadro XXVI: Estudo Prospectivo (1 ano pós - operatório)

N°		IST	IATA	IATP
1		6	7	3
2		8	13	12
3		2	6	8
4		4	3	8
5		4	3	13
6		12	4	8
7		4	6	6
8		4	7	4
9		6	4	4
10		15	7	8
11		3	3	4
12		10	10	6
13		2	10	8
14		12	5	10
15		8	10	12
16		12	8	16
17		6	12	14
18		28	18	8
19		30	20	10
20		30	5	7
Total	Média	10,30	7,80	8,45
	Mínimo	2	2	3
	Máximo	30	20	16

Houve globalmente uma boa correcção da deformidade em termos clínicos e de topografia tridimensional do tronco e em termos radiográficos obteve-se uma boa correcção do ângulo de Cobb mas uma muito modesta correcção da rotação vertebral, diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

- A correcção do índice de simetria do tronco foi de 76%,
- A correcção do índice de assimetria transversal anterior foi de 64% e do índice de assimetria transversal posterior de 82%,
- A correcção do ângulo de Cobb das curvaturas escolióticas foi de 62,4%
- A correcção da rotação vertebral foi de apenas 30%.

3 - Discussão conjunta dos resultados dos ESTUDO RETROSPECTIVO E PROSPECTIVO sobre o tratamento cirúrgico.

O tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente está reservado para cerca de 10% dos casos e os seus resultados têm vindo a melhorar progressivamente ao longo dos tempos, fruto da evolução das técnicas cirúrgicas e materiais usados no mesmo.

A correcção cirúrgica da deformidade escoliótica quando projectada (radiograficamente) nos planos frontal e sagital, pode-se considerar uma batalha ganha pelos cirurgiões dedicados a esta patologia complexa e difícil, contudo a correcção satisfatória no plano transversal constitui ainda um desafio a vencer e representa o principal motivo de preocupação do doente pelo seu cunho inestético complexante.

Ela é bem notada fisicamente pela persistência da assimetria do tronco mas a globalidade desta deformidade residual complexa não consegue ser expressa pelo “vocabulário” clínico tradicional. O conceito clínico do grau de “giba” é o que melhor sintetiza, embora de modo muito incompleto o grau dessa deformidade residual ou fósil.

A acuidade do problema situa-se em esta deformidade fósil poder ser quase a totalidade da deformidade inicial que motivou a necessidade (estética) da correcção cirúrgica. Tal como já foi vincado, ela não é perceptível nas avaliações radiográficas habituais. Ora esta deformação do tronco no plano axial é, em essência, todo o sentido do tratamento da escoliose, e – paradoxalmente – passa à margem das quantificações radiográficas, o meio objectivo de transmissão dos resultados mais utilizados pela comunidade científica. Desde o início do tratamento moderno da doença a base dos conceitos cirúrgicos actuais centra-se na correcção espinal segundo os planos frontal e sagital (visíveis em radiografia clássica). Foi por esse motivo que foram seleccionadas essas técnicas para análise dos resultados do tratamento cirúrgico nos dois estudos precedentes (retrospectivo e prospectivo), mas existem outras que importa agora destacar pois actuam essencialmente na deformidade residual.

Técnicas Cirúrgicas Complementares

A correcção cirúrgica satisfatória da deformidade escoliótica no plano transversal, considerada possível com a evolução dos instrumentais cirúrgicos, em especial a partir do instrumental CD, acabou por se provar ineficaz para esse fim, seja nos resultados imediatos, seja com o decorrer do tempo^{7,20,22,23}.

Perante este facto incontestável, é convicção do autor que a filosofia actual do tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente consistirá na correcção possível da deformidade da coluna vertebral, que no caso das instrumentações anteriores em curvas toracolumbares e lombares é dum modo geral suficiente e com bom nível de correcção, associada a técnicas cirúrgicas complementares dirigidas para a correcção da deformidade paravertebral, com fins cosméticos.

Como técnicas cirúrgicas complementares pretende-se referir a actos cirúrgicos que se associam à correcção, instrumentação e fusão óssea da deformidade da coluna vertebral, a nível da deformidade paravertebral torácica ou lombar e que juntamente com actos cirúrgicos actuantes a nível das cicatrizes cutâneas vão de encontro à principal preocupação dos doentes que é a correcção cosmética da deformidade inestética que a escoliose lhes provoca. De entre as várias técnicas destacam-se:

Toracoplastia

A toracoplastia com actuação principal a nível da deformidade costal, daí também a designação de costoplastia, pode consistir na costectomia segmentar múltipla na convexidade, na costotomia múltipla na concavidade, na costectomia segmentar múltipla na convexidade associada a costotomia múltipla na concavidade e na costoplastia de transposição da convexidade para a concavidade^{12,14,18,19}. A opção pela costoplastia bem como por determinada técnica da mesma, apesar de não ser rígida, depende da existência ou não de deformidade paravertebral que o justifique. Geralmente só é usada para deformidades paravertebrais superiores a 2-3 cm, optando-se geralmente pela costectomia múltipla na convexidade com ou sem associação a costotomia múltipla na concavidade, reservando-se a costoplastia de transposição da convexidade para a concavidade para casos de deformidades paravertebrais superiores a 4-5cm.

Os dados clínicos e os exames complementares pré-operatórios, como a PTAT, são muito importantes para a opção ou não pela costoplastia e seu tipo, embora a decisão final seja tomada per-operatoriamente pelo cirurgião através da avaliação da deformidade paravertebral após correcção da coluna vertebral.

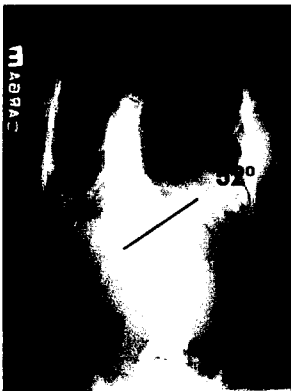
Como exemplo demonstrativo apresenta-se o caso clínico seguinte, Fig. 7.



(a)



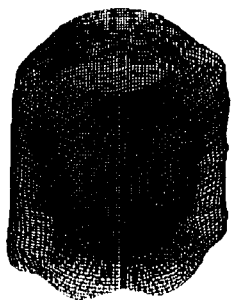
(b)



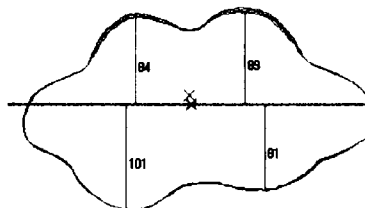
(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



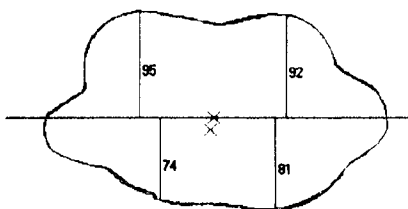
(i)



(j)



(k)



(l)



(m)



(n)

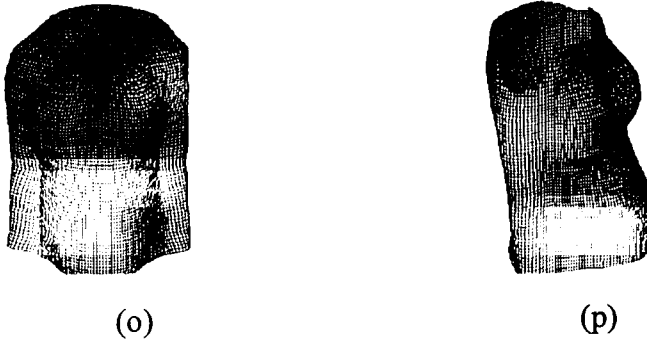


Figura 7: Caso clínico de escoliose torácica idiopática com duas características muito especiais, em 1º lugar por se tratar duma curvatura de convexidade esquerda e em 2º lugar pelo facto da doente ter engravidado pouco tempo após intervenção cirúrgica. Apresentação clínica (a) (b), radiográfica com ângulo de Cobb de 52º, (c) (d), representação 3D e corte transversal com IATA de 10 e IATP de 32, (e) (f) pré-operatórias. Intervenção cirúrgica consistindo na instrumentação posterior com material Isola e costoplastia de ressecção na convexidade e de transposição para a concavidade, (g) (h) (i) (j), Rx pós-operatório com ângulo de Cobb residual de 20º/22º e corte transversal de PTAT com IATA de 4 e IATP de 8, (k) (l), fotografia pós-operatória (m), com gravidez de 30 semanas (n), bem como representação 3D, (o) (p).

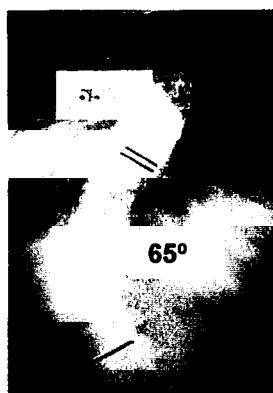
Lomboplastia

A lomboplastia é o correspondente da toracoplastia a nível lombar, tendo em comum com esta a sua justificação e objectivos, contudo diferindo pelo facto de neste caso não se actuar em estruturas ósseas paravertebrais, mas sim a nível da musculatura paravertebral.

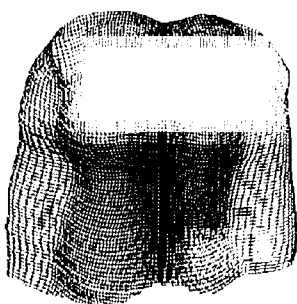
Apesar de não estar descrita na literatura, entendemos que a lomboplastia de transposição muscular pode ser útil no arsenal cirúrgico do tratamento de escolioses lombares ou duplas com componente lombar, em que a deformidade paravertebral tenha dimensões importantes após a instrumentação cirúrgica, Fig 8.



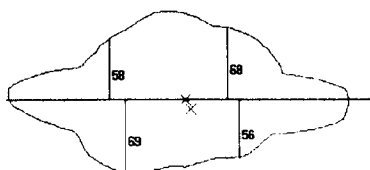
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



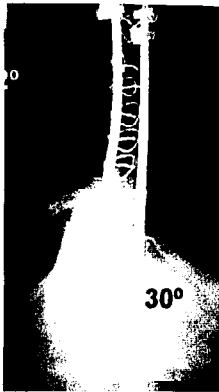
(f)



(g)



(h)



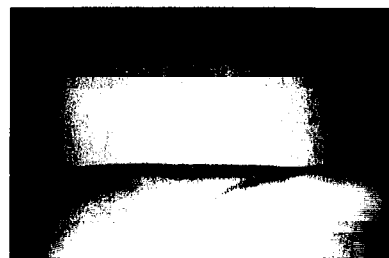
(i)



(j)



(k)



(l)

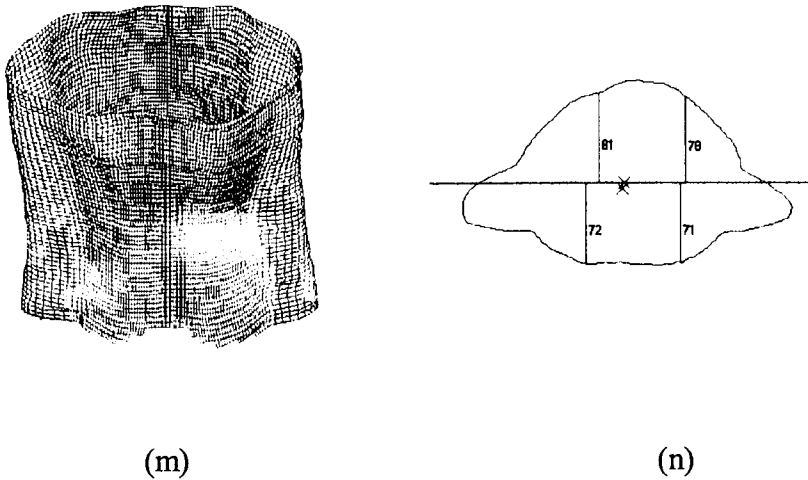


Figura 8: Caso clínico de escoliose de dupla curvatura, torácica direita e lombar esquerda (a), com ângulo de Cobb de $55^\circ/65^\circ$ (b), com deformidade evidente na representação 3D (c) e no corte transversal da PTAT com IATA de 25 e IATP de 23 (d), cuja intervenção cirúrgica consistiu na instrumentação posterior com material TSRH e lomboplastia, de transposição muscular pediculada da convexidade para a concavidade (e) (f) (g) (h), mantendo deformidade radiográfica residual com ângulo de Cobb de $22^\circ/30^\circ$, (i) (j), mas com boa correcção morfológica (k) (l) e na representação 3D (m) e corte transversal de PTAT com IATA de 13 e IATP de 3 (n).

Cosmese cutânea

Se a deformidade cosmética global na escoliose é um aspecto importante para os doentes, senão o mais importante, a presença de cicatrizes inestéticas cutâneas após cirurgia, corresponde em si a uma desilusão. Embora não se possa evitar em absoluto a tendência de alguns doentes para cicatrizes hipertróficas e queloides, a preocupação em fazer incisões com o menor tamanho possível, com bom alinhamento e se possível evitando a incisão habitualmente inestética e muito sensível para colheita de enxerto de ilíaco, são factores positivos. A associação frequente na escoliose idiopática do adolescente da costoplastia nas abordagens e instrumentações posteriores e da costectomia nas abordagens e instrumentações anteriores, fornecendo enxerto ósseo, bem como a possibilidade de utilização de “osso artificial” complementar, torna dispensável na actualidade a colheita de enxerto de ilíaco.

Em determinadas situações há justificação para actuação cirúrgica a nível cutâneo como sejam o realinhamento de cicatrizes, Fig. 9 e 10, e a correcção plástica de cicatrizes hipertróficas, Fig. 11.



(a)



(b)

Figura 9: Após realização de costoplastia de ressecção na convexidade surge redundância de pele pela diminuição volumétrica da deformidade paravertebral, sendo necessário fazer ressecção cutânea para realinhamento da incisão.



(a)



(b)

Figura 10: Exemplo de realinhamento cirúrgico de cicatriz curvilínea em doente com antecedentes de intervenção cirúrgica correctiva de escoliose (a) (b).

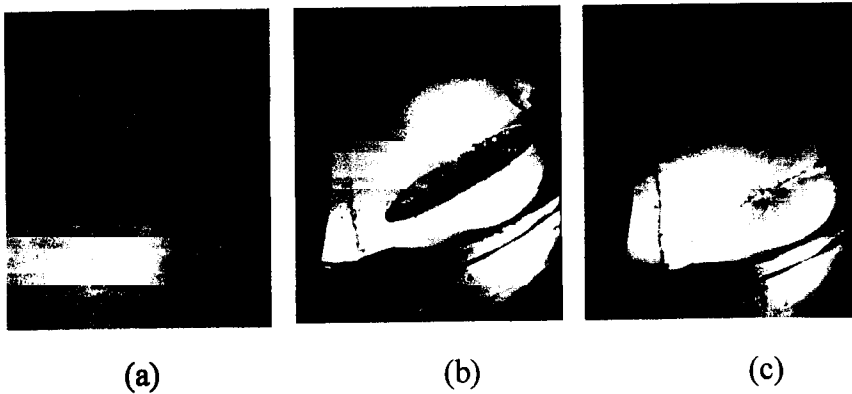


Figura 11: Exemplo de correcção cirúrgica de cicatrizes hipertróficas inestéticas em doente com antecedentes de intervenção cirúrgica a escoliose (a) (b) (c).

Papel da PTAT na avaliação do resultado cosmético global

A perfilometria tridimensional automatizada do tronco é uma técnica inovadora, de utilidade na avaliação pré-operatória, na planificação do tratamento cirúrgico a instituir e na avaliação dos resultados do mesmo, na escoliose idiopática do adolescente.

Nos estudos retrospectivo e prospectivo realizados pelo autor em mais de uma centena de casos tratados na Unidade de Deformidades da Coluna do Hospital Geral de Santo António a PTAT permitiu concluir no sentido que:

- Os melhores resultados no tratamento das curvaturas torácicas ou duplas são obtidos com a associação à instrumentação posterior das técnicas de toracoplastia ou lomboplastia, bem como da libertação anterior em casos de curvaturas rígidas ou de grande valor angular,
- A toracoplastia e lomboplastia desempenham um papel fundamental na correcção da deformidade escoliótica no plano transversal, uma vez que esta se mantém resistente à evolução ocorrida nas técnicas cirúrgicas e materiais, funcionando nesse sentido, e com sucesso, como técnicas cirúrgicas complementares da instrumentação posterior nas curvaturas escolióticas torácicas ou duplas,
- Nas escolioses com curvaturas toracolombares ou lombares as correcções melhor sucedidas são as instrumentações por via anterior

Referências

1. **Cobb J.** Outline for Study of Scoliosis. *In* Instructional Course Lectures. American Academy of Orthopedic Surgeons, Vol 5. Ann. Arbor, J. W. Edwards (Ed), 1948.
2. **Cotrel Y, Dubousset J.** New Segmental Posterior Instrumentation of the Spine. *Orthop Trans* 9:118, 1985.
3. **Dwyer AF, Newton NC, Sherwood AA.** An Anterior Approach to Scoliosis: A Preliminary Report. *Clin Orthop* 62:192-202, 1969.
4. **Dwyer AF, Schafer MF.** Anterior Approach to Scoliosis: Results of Treatment in Fifty-One Cases. *J Bone J Surg* 56B:218-224, 1974.
5. **Guérin J.** Remarques Préliminaires Sur le Traitement des Déviations de L'Épine par la Section des Muscles du Dos. *Gaz Med de Paris*, 10:1-6, 1842.
6. **Gray JM, Smith BW, Ashley RK, Lagrone MO, Mall J.** Derotational Analysis of Cotrel-Dubousset Instrumentation in Idiopathic Scoliosis. *Spine* 16:391-393, 1991.
7. **Harrington PR.** Surgical Instrumentation for Management of Scoliosis. *J Bone J Surg*. 42A:1448, 1960.
8. **Harrington PR.** Treatment of Scoliosis: Correction and Internal Fixation by Spine Instrumentation. *J Bone J Surg* 44A:591-610, 1962.
9. **Hibbs RA.** A Report of Fifty-Nine Cases of Scoliosis Treated by Fusion. *J Bone J Surg* 6:3, 1924.
10. **Hibbs RA, Risser JC, Ferguson AB.** Scoliosis Treated by The Fusion Operation. An End Result Study of Three Hundred and Sixty Cases. *J Bone J Surg* 13:91, 1931.
11. **Luque ER.** Segmental Spinal Instrumentation for Correction of Scoliosis. *Clin Orthop* 163:192-198, 1982.
12. **Manning CW, Prime FJ, Zorab PA.** Partial Costectomy as a Cosmetic Operation in Scoliosis. *J Bone J Surg* 55B:521-527, 1973.
13. **Moskowitz A, Moe JH, Winter RB, Binner H.** Long-Term Follow-Up of Scoliosis Fusion. *J Bone J Surg* 62A:364-376, 1980.

14. **Owen R, Turner A, Bamforth JSG, Taylor JF, Jones RS.** Costectomy as the First Stage of Surgery for Scoliosis. *J Bone J Surg* 68B:91-95, 1986.
15. **Perdriolle R.** In La Scoliose: Son Étude Tridimensionnelle. Paris, Maloine(Ed), 1979.
16. **Resina J, Ferreira Alves AF.** A Technique of Correction and Internal Fixation for Scoliosis. *J Bone J Surg* 59B:159-165, 1977.
17. **Risser JC.** The Iliac Apophysis: An Invaluable Sign in The Management of Scoliosis. *Clin Orthop* 11:111, 1958.
18. **Schollner D.** Steigerung der Vitalkapazität durch Rippenbueker Resektion mit der Bratskorbdehnungstechnik. *Z Orthop* 101:323-323, 1966.
19. **Steel HH.** Rib Resection and Spine Fusion in Correction of Convex Deformity in Scoliosis. *J Bone J Surg* 65A:920-925, 1983.
20. **Thompson JP, Transfeldt EE, Bradford DS, Ogilvie JW.** Decompression after Cotrel-Dubousset Instrumentation of idiopathic scoliosis. *Spine* 15:927-931, 1990.
21. **Volkman R.** Resektion von Rippenbuecker bei Scoliose. *Berl Klin Wehnsehr* 50, 1889.
22. **Willers U, Hedlund R, Aaro S.** Mid-term effects of Cotrel-Dubousset Instrumentation on Configuration of the Spine and the Thoracic Rib Cage in Thoracic Idiopathic Scoliosis. *Euro Spine J* 2:99-103, 1993.
23. **Wood KB, Transfeldt EE, Ogilvie JW, Schenkel MJ, Bradford DS.** Rotational Changes of the vertebral-pelvic axis following Cotrel-Dubousset Instrumentation. *Spine* 16:S404-S408, 1991.
24. **Zielke K, Stunkat R, Beaujean F.** Ventrale Derotation Spondylodese. Vorlaufiger Ergebnisbericht Über 26 Operierte Falle. *Arch Orthop Unfallchir* 85:257-277, 1976.

IV

Perspectivas de Aplicação no Futuro

IV-Perspectivas de Aplicação no Futuro

Noutras Deformidades da Coluna

Apesar deste trabalho se centralizar na criação e desenvolvimento da técnica de perfilometria tridimensional automatizada do tronco e sua aplicação específica na escoliose idiopática do adolescente, é óbvio que no futuro se pretende estender a sua aplicabilidade à investigação, diagnóstico, e avaliação de modalidades de tratamento doutras deformidades da coluna vertebral como sejam a escoliose congénita, idiopática infantil e sobretudo juvenil e a hipercifose dorsal ou dorsolumbar. Para o caso preconiza-se grande semelhança nos princípios técnicos, métodos de análise e fins aplicacionais relativamente à escoliose idiopática do adolescente.

Noutras Áreas da Medicina

Sendo a perfilometria tridimensional automatizada uma técnica não invasiva, de aquisição rápida e de não menos rápido fornecimento de dados, de grande sensibilidade e especialmente dotada para a caracterização de deformidades tridimensionais entende-se que poderá no futuro ser aplicada com sucesso noutras áreas da Medicina como sejam:

1. Dismorfias craneanas e faciais, sejam de natureza congénita, pós-traumática, pós-operatória de amputação radical em patologia tumoral e outras. Casos clínicos como sequelas de afundamentos craneanos, plagiocefalia, prognatismo e retrognatismo, agenesia congénita de maxilar superior ou inferior, Fig. 1 e mandibulectomia total ou parcial em lesões tumorais, poderão beneficiar no planeamento e sua resolução efectiva por neurocirurgia, cirurgia maxilo-facial e plástica com os dados fornecidos pela PTA, com análise descritiva e tridimensional detalhada das deformidades, com a elaboração de modelos computadorizados e simulação das correcções pretendidas.



Figura 1: Dismorfia facial por agenesia congénita da hemi-mandíbula esquerda.

2. Nas deformidades torácicas como o pectus excavatum e tórax em quilha, Fig. 2, também a PTA poderá ser utilizada na avaliação morfológica destas deformidades, sua evolução temporal e no planeamento do seu tratamento.

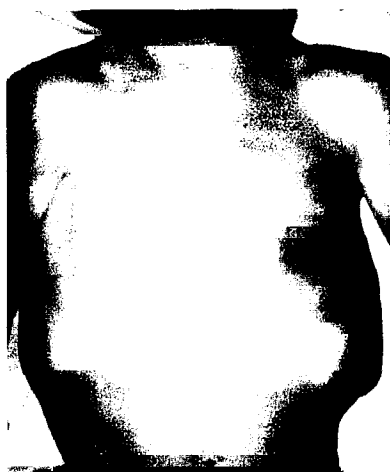


Figura 2: Dismorfia torácica por tórax em quilha.

2. Nas correcções plásticas da ginecomastia e nas substituições mamárias protéticas, nomeadamente após mastectomia radical, Fig. 3, no infelizmente tão frequente cancro da mama, igualmente poderá haver interesse na utilização da PTA, designadamente com fornecimento de dados descritivos tridimensionais da morfologia mamária e sua correcção e na elaboração de modelos tridimensionais para confecção das próteses de substituição ou de aumento de volume.

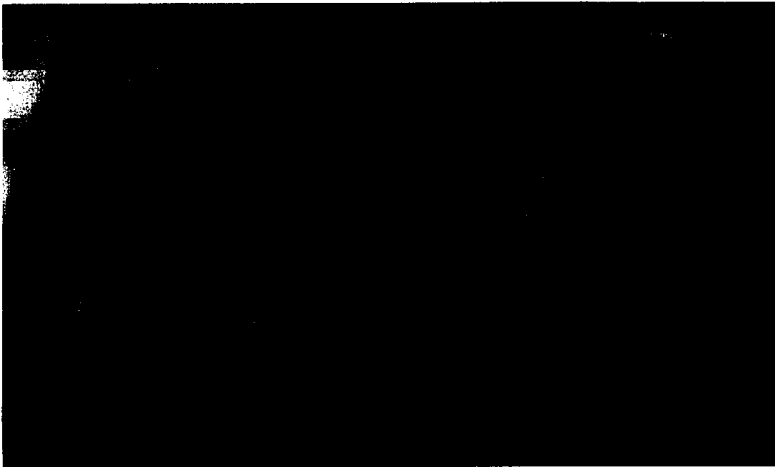
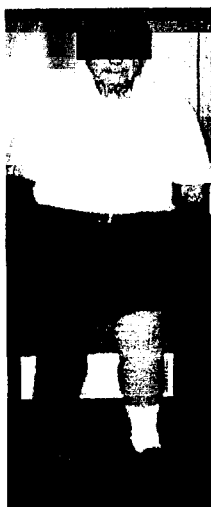


Figura 3: Mastectomia radical por neoplasia da mama esquerda.

3. Em casos de amputação de membros seja de natureza congénita, traumática ou neurovascular, em especial nos inferiores, Fig. 4, também a PTA poderá ter aplicabilidade e utilidade potenciais, nomeadamente no fornecimento das dimensões e morfologia tridimensional do côto, bem como no desenho do “copo” protésico e medida de toda a prótese em ortostatismo.



(a)



(b)

Figura 5: Doente amputado do membro inferior esquerdo, com prótese temporária (a) e definitiva (b).

4º Parte - RESUMO E CONCLUSÕES

RESUMO

Este trabalho versa a criação e desenvolvimento de uma nova técnica de análise da deformidade presente na escoliose idiopática do adolescente. Foi denominada Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco (PTAT) e é uma técnica topográfica de avaliação tridimensional da globalidade do tronco, não invasiva e automatizada. Os testes de utilização prática, que também constituíram os trabalhos de investigação clínica que são apresentados na terceira Parte deste trabalho, demonstraram que é de simples realização e rápido fornecimento de dados individuais e que poderá ser usada com sucesso no diagnóstico, tratamento e investigação clínica na área da escoliose idiopática do adolescente.

Na **primeira Parte**, a escoliose idiopática do adolescente é apresentada como uma doença relativamente frequente e de etiologia desconhecida que se caracteriza não só por uma deformidade complexa e tridimensional do tronco, mas também por alterações anatómicas e funcionais de todo o corpo.

Na **segunda Parte**, são apresentados os princípios matemáticos, o algoritmo informático desenvolvido durante a fase de investigação técnica e referem-se as várias alterações introduzidas durante o processo do seu aperfeiçoamento. Todos os parâmetros de análise que podem ser extraídos com a PTAT estão aqui também descritos.

A **terceira Parte** concentra toda a investigação aplicada que foi desenvolvida: 1) no indivíduo normal para padronização e exploração das potencialidades, 2) no doente escoliótico tratado conservadoramente e 3) no doente operado.

1) No indivíduo normal

Um dos possíveis mecanismos patológicos envolvidos na escoliose idiopática do adolescente consiste na transmissão de for-

ças rotacionais deformantes dos membros inferiores e bacia para a coluna vertebral em crescimento, durante a marcha. Não podendo esta ser directamente investigada, utilizou-se uma aproximação postural estática em "contrapposto" que evidenciou a capacidade da PTAT em demonstrar essas acções torsionais.

Nos estudos efectuados em 124 crianças e adolescentes normais detectaram-se pelo exame clínico (avaliação física e com escoliómetro) e pela PTAT (quantificação e registo tridimensional) assimetrias do tronco, quer a nível da sua vertente anterior quer posterior, que existem sem deformidades da coluna.

2) No tratamento conservador

No estudo prospectivo efectuado em 16 doentes com escoliose idiopática do adolescente tratados com colete ao longo de dois anos, verificou-se que houve melhoria morfológica detectada na PTAT que era questionável na avaliação radiográfica, por menos evidente. O tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente com ortóteses apesar de polémico, desacreditado por alguns autores que o avaliam apenas segundo a projecção bidimensional, terá assim eficácia na estabilização e melhoria da deformidade, comparativamente com a história natural da mesma.

3) No tratamento cirúrgico

O componente da deformidade escoliótica no plano transversal é o principal motivo de preocupação do doente escoliótico pelo seu carácter inestético, sendo também a principal motivação para o tratamento cirúrgico quando indicado. O tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente está reservado para cerca de 10% dos casos e a correcção cirúrgica da deformidade nos planos frontal e sagital, pode-se considerar uma batalha ganha pelos cirurgiões dedicados a esta patologia complexa e difícil, contudo a correcção satisfatória no plano transversal constitui ainda um desafio a vencer e representa o principal motivo de preocupação do doente pelo seu cunho inestético complexante,

Foram avaliados 120 doentes operados, através do exame físico, radiográfico e pela perfilometria tridimensional. Apenas as avaliações tridimensionais (exame clínico e PTAT) permitiram relacionar os resultados da cirurgia com a principal motivação de correcção desejada pelos doentes, que é observável no plano transversal. Esses melhores resultados, no que refere às curvaturas torácicas ou duplas, são obtidos com a associação à instrumentação posterior das técnicas de toracoplastia ou lomboplastia, bem como

da libertação anterior em casos de curvas rígidas ou de grande valor angular e nas escolioses com curvaturas toracolombares ou lombares as correcções melhor sucedidas são as instrumentações por via anterior. Esta constatação, já antes aparente na avaliação clínica mas sem grande capacidade de reproductibilidade objectiva aparece agora quantificada pela nova técnica desenvolvida (PTAT).

CONCLUSÕES

A Perfilometria Tridimensional Automatizada do Tronco (PTAT) tem poder discriminativo inovador sobre a caracterização da deformidade global da escoliose idiopática do adolescente.

A PTAT fornece, de forma completamente automatizada, dados relativos à caracterização da deformidade escoliótica no *plano frontal*: índice de assimetria anterior no plano frontal (IAAF), índice de assimetria posterior no plano frontal (IAPF), índice de assimetria em altura (IAA), índice de simetria do tronco (IST) e ângulos de Cobb de superfície; no *plano transversal*: índices de assimetria transversal anterior (IATA) e posterior (IATP) e ângulo de rotação do tronco (ART); numa *perspectiva tridimensional*: representação tridimensional do tronco (R3D) e representação espacial global do centro de massa.

A aplicação investigacional da PTAT na postura em “contrapposto” permitiu evidenciar o efeito deformante para a coluna vertebral de forças rotacionais oriundas dos membros inferiores e bacia e sua diversidade para o sexo masculino e feminino.

A aplicação da PTAT no tratamento conservador da escoliose idiopática do adolescente permite a detecção de efeitos benéficos a nível da morfologia do tronco, que não são evidenciados pelos métodos de avaliação habituais, bem como efeitos nocivos de “modelação paradoxal” provocados pela ortótese, com implicações na confecção das mesma, que é possível através de modelo computadorizado.

A aplicação da PTAT no tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente permite a caracterização da deformidade escoliótica numa perspectiva global tridimensional, tornando possível a detecção e medida do componente da deformidade no plano transversal fundamental na avaliação pré-operatória, na indicação para as técnicas complementares com fins cosméticos e na avaliação da deformidade residual ou fósil que escapa aos métodos de avaliação habituais.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

SUMMARY

This work deals with the creation and development of a new technique for the analysis of the deformity, present in adolescent idiopathic scoliosis. It was named Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk and is a non-invasive and automated technique of surface topography of the whole trunk. The tests for its clinical application, that constitute the subject of the third Part of this work, proved that it is easy to suit, with quick supplying of individual data and can be used with success in the diagnosis, treatment and clinical investigation of adolescent idiopathic scoliosis.

In the **first Part**, the adolescent idiopathic scoliosis is presented as a relatively frequent illness of unknown aethiology consisting of, not only a complex and tridimensional trunk deformity but also anatomical and functional disorders of the whole body

In the **second Part**, the mathematical principles and the computerized algorithm developed during the phase of technical investigation are presented as well as the multiple changes made during the process of its improvement. All the parameters that can be acquired by the Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk are reported.

The **third Part** brings into focus all the applied investigation that has been developed: 1) in the normal individual to standardize and explore all the potentialities of the technique, 2) in the scoliotic patient submitted to conservative treatment and 3) in the scoliotic patient submitted to operative treatment.

1) In the normal individual

One of the possible pathomechanisms involved in the adolescent idiopathic scoliosis is the transmission of rotational deforming forces from the lower limbs and hip to the growing spine, dur-

ing walking. Provided that the act of walking could not be directly investigated by the technique, it has been used the static posture denominated in "contrapposto" that showed the capability of the Automated 3D Phase Measuring Profilometry in revealing these torsional actions.

In the studies done in 124 normal adolescents and children have been detected by clinical evaluation (clinical examination and with the scoliometer) and by Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk, asymmetries of both the anterior and posterior surface of the trunk, without any deformity of the spine.

2) In the conservative treatment

In a prospective study done in 16 patients with adolescent idiopathic scoliosis treated with brace, during a period of two years, it has been shown that there was a morphological improvement detected by the Automated 3D Phase Measuring Profilometry, questionable on X ray evaluation, because not clearly shown. The conservative treatment of the adolescent idiopathic scoliosis with braces, despite of being polemic, discredited by some authors that look for its results based only in a bidimensional point of view, is successful in the stabilisation and improvement of the scoliotic deformity when compared with its natural history.

3) In the operative treatment

The transverse plane component of the scoliotic deformity is the main reason of concern for the scoliotic patient because of the inaesthetic appearance and also the main motif for him to be operated. The operative treatment of the adolescent idiopathic scoliosis is indicated in about 10% of the total of cases and the improvement of the scoliotic deformity in the frontal and lateral planes can be considered a won battle for the surgeons dedicated to this complex and difficult pathology, however the satisfactory correction in the transverse plane is still a challenge to win and represents the main problem for the patient because of being inaesthetic and origin of inferiority complex.

A group of 120 operated patients with adolescent idiopathic scoliosis, have been studied by clinical and radiographic examination, and also by Automated Phase Measuring Profilometry. Only the tridimensional evaluation achieved by physical examination and Automated Phase Measuring Profilometry allowed to correlate the operative results with the main reason of concern for the scoliotic patients localized in the transverse plane of the deformity.

These best results in the operative treatment of thoracic and double curves are achieved with the association of posterior instrumentation and fusion to the complementary techniques of thoracoplasty and lomboplasty, as well as the first stage anterior release in stiff and large curves. In the thoracolumbar and lumbar curves the best results are achieved with the anterior approach and instrumentation. This perception was already present in the clinical evaluation but not capable of objective reproducibility is now quantified by means of the new technique (Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk).

CONCLUSIONS

The Automated Three-dimensional Phase Measuring Profilometry of the Trunk has the innovator possibility to characterize the global deformity of the adolescent idiopathic scoliosis.

The Automated Three-dimensional Phase Measuring Profilometry of the Trunk provides in a totally automated way data relative to the characterization of the scoliotic deformity in the *frontal plane*: anterior frontal plane asymmetry index, posterior frontal plane asymmetry index, height asymmetry index, trunk symmetry index and surface Cobb angles; in the *transverse plane*: anterior and posterior tranverse asymmetry indices and angle of trunk rotation; in a *tridimensional view*: 3D view of the trunk and 3D global view of trunk centroid.

The investigational application of the Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk to the "contrapposto" posture has revealed the deforming effect in spine caused by rotational forces arising in lower limbs and pelvis and its diversity for the two sexes.

The application of the Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk in the evaluation of the results of the conservative treatment of adolescent idiopathic scoliosis, gives rise to the detection of positive morphological effects in the trunk not noticed by the usual methods of evaluation, as well as negative effects of "paradoxal modelling" caused by the brace, with implications in the making of the brace, that is possible by means of a computerized model.

The clinical application of the Automated 3D Phase Measuring Profilometry of the Trunk in the operative treatment of the adolescent idiopathic scoliosis gives rise to the characterization of the scoliotic deformity in a global and tridimensional view, making possible the detection and measuring of the tranverse plane component of the deformity, important for the pre-op evaluation, for the possible indication of the cosmetic complementary techniques, and for the evaluation of the residual deformity, not achieved by the usual methods of evaluation.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

RÉSUMÉ

Ce travail a pour sujet la création et le développement d'une nouvelle technique d'analyse de la difformité occasioné par le scoliose idiopathique de l'adolescent. Elle a été dénommée Perfilometrie Tridimensionel Automatisée du Tronc (PTAT) et est une technique topographique d'évaluation tridimensionel de la globalité du tronc, non invasive et automatisée. Les testes de son utilisation pratique, qui ont composé aussi les travaux d'investigation clinique qui sont présentés dans la troisième Part de ce travail, ont démontré qu'elle est de réalisation simple et de rapide aprovisionnement de donnés individuels et qui pourra être appliqué avec succès dans le diagnostique, traitement et investigation clinique du scoliose idiopathique de l'adolescent.

Dans la **première Part**, le scoliose idiopathique de l'adolescent est présenté comme une maladie relativement fréquente et d'étiologie inconnue, que se caractérise par une difformité complexe et tridimensionel du tronc, mais aussi par alterations anatomiques et fonctionelles de tout le corps.

Dans la **deuxième Part** sont présentés les principes mathematiques, l'algorithme informatique developpé pendant la phase d'investigation technique et se réfère les multiples alterations introduits pendant le process de son achèvement. Tous les paramètres d'analyse qui peuvent être extraitées avec la PTAT sont aussi ici décrits.

La **troisième Part** concentre toute l'investigation appliquée qui a été développée: 1) dans l'individuel normal pour padronisation et exploration des potencialités, 2) dans le malade scoliotique traité conservativement et 3) dans le malade opéré.

1) Dans l'individuel normal

Un des possibles mecanismes patologiques entouré dans le scoliose idiopathique d'adolescent consistira à la transmission de forces rotatives déformantes des membres inférieurs et bassin pour la collone vertébrale en croissance, pendant la marche. Comme

cette ne peut pas être investigué directement, on a utilisé une approximation postural statique en «contrapposto» qui a met en évidence la capacité de la PTAT pour demonstrier celles actions torsionnelles.

Dans les études effectués sur 124 enfants et adolescents normaux s'ont découvert par l'examen clinique (évaluation physique et avec scoliometre) et par la PTAT (quantification et registre tridimensionnel), asymetries du tronc, soit a niveaux de son versant antérieur soit postérieur, qui existent sans difformités de la colonne.

2) Dans le traitement conservateur

Dans l'étude prospectif exécuté sur 16 malades traités avec corset pendant deux années s'a verifié qui a eu avancement morphologique detecté par la PTAT, qui était questionable dans l'évaluation radiographique, pour moins évident. Le traitement conservateur du scoliose idiopatique de l'adolescent avec orthèses, malgré polémique décrédité par quelques auters qui font leur évaluation seulement par une projection bidimensionel, il aura efficace dans la stabilisation et amélioration de la difformité, comparativement à son histoire naturelle.

3) Dans le traitement chirurgical

Le composant de la deformité scoliotique dans le plan transversal est la principal motif de préoccupation du malade scoliotique pour son signe inestétique, étant aussi pour lui la principal motivation pour le traitement chirurgical quand indiqué. Le traitement chirurgical du scoliose idiopatique de l'adolescent est reservé pour presque 10% des cas et la correction chirurgical de la difformité scoliotique dans le plan frontal et sagital, on peut la considerer un combat gagné par les chirurgiens devonés a cette phatologie complexe et difficile, mais la correction satisfaisant dans le plan transversal constitue encore un défi à vaincre et represente le principal motif de preoccupation du malade par son timbre inestétique et complexant.

Ont été évalués 120 malades opérés, par l'examen physique, radiographique et par perfilometrie tridimensionel. Seulement dans les évaluations tridimensionelles (examen chlinique et PTAT) ont peut relacioner les resultats de la chirurgie avec la principal motivation de correction désiré par les malades, qui est observable dans le plan transversal. Ces meilleurs resultats, référant aux coubures thoraciques ou doubles, sont obtenues avec l'association de l'instrumentation postérieur aux techniques complementaires de

thoracoplastie ou lomboplastie, ou la libération antérieure dans un premier temps, en cas de courbures rigides ou de grand valeur angulaire et dans les scolioses avec courbures thoracolombaires ou lombaires les meilleurs résultats sont obtenus avec les instrumentations par voie antérieure. Cette constatation, déjà avant visible dans l'évaluation clinique mais sans grande capacité de reproductibilité objective se présente maintenant quantifiée pour la nouvelle technique développée (PTAT).

CONCLUSIONS

La Perfilometrie Tridimensionel Automatisée du tronc (PTAT) a pouvoir descriptif innovateur sur la caracterization de la difformité global de le scoliose idiopatique de l'adolescent.

La PTAT fournit de façon complètement automatisée données relatifs a la caracterization de la difformité dans le *plan frontal*: index d'asymetrie antérieur dans le plan frontal, index d'asymetrie postérieur dans le plan frontal, index d'asymetrie en elevation, index de symetrie du tronc et angles de Cobb de surface; dans le *plan transversal*: index d'asymetrie transversal antérieur et postérieur et angle de rotation du tronc; dans une *perspective tridimensionel*: representation tridimensionel du tronc et representation spatial global du centre de masse.

L'application investigationel de la PTAT dans l'attitude en «contrapposto» a permé évidencier l'effet difformatif pour la colonne vertébral de forces rotatives provenantes des membres inférieurs et bassin et sa diversité pour le sexe masculin et féminin.

L'application de la PTAT dans le traitement conservateur de le scoliose idiopatique de l'adolescent a la capacité de detecter des effets benefiques a niveaux de la morphologie du tronc, qui ne sont pas met en évidence par les méthodes d'évaluation habituelles, bien aussi que des effets malins de «modélisation paradoxal» provoqué par l'orthotése, avec implications dans la confection de les mêmes, qui est possible par le modèle computisé.

L'application de la PTAT dans le traitement chirurgical du scoliose idiopatique de l'adolescent permet la caracterization de la difformité scoliotique dans une perspective global et tridimensionel, retournant possible la détection et la mesure du component de

la déformité dans le plan transversal, qui est fondamental pour l'évaluation pré-opératoire, pour l'indication des techniques complémentaires d'objectif cosmétique et pour l'évaluation de la déformité résiduel ou fossile qui s'esquive aux méthodes d'évaluation habituelles.

Oferta
5000700
15-02-01

BIBLIOTECA
do
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
"ABEL SALAZAR"